

**Universidad Pública de Navarra**

*Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN  
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

## Nuevos portainjertos de vid. Evaluación agronómica en las variedades Syrah y Tempranillo

presentado por

Oihan Uharte Unzue -k

*aurkeztua*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL  
*GRADUA NEKAZARITZAKO ELIKAGAIEN ETA LANDA INGURUNEAREN  
INGENIARITZAN*

Enero de 2018

*2018ko urtarrila*

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA**

***NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA***

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS**

***NEKAZARITZA INGENIARITZAREN GOI MAILAKO ESKOLA  
TEKNIKOA***

**“Nuevos portainjertos de vid. Evaluación agronómica en las variedades Syrah y  
Tempranillo”**

Trabajo Fin de Grado presentado por Don Oihan Uharte Unzue al objeto de optar al título de  
Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.

Dirigido por L. Gonzaga Santesteban García y codirigido por Diana Marín Ederra.

Director  
*Zuzendaria*

L.Gonzaga Santesteban

Codirectora  
*Zuzendariordea*

Diana Marín Ederra

Autor  
*Egilea*

Oihan Uharte Unzue

## Agradecimientos

- A Diana Marín, codirectora del TFG, por allanarme tanto el trabajo con su ayuda, paciencia y comprensión durante la elaboración del trabajo.
- A Gonzaga Santesteban, director del trabajo, por su atención y disponibilidad.
- A los diferentes profesores del Departamento de Producción Agraria, por enseñarme tanto sobre el mundo de los frutales y la viña.
- A la empresa Vitis Navarra, en especial a sus trabajadores Eduardo, Rafa y a los “Javis”, por acogerme durante mi estancia en las prácticas en empresa, y haberme enseñado tantas cosas.
- A las diferentes entidades participantes en el proyecto Vit-Foot: Vitis Navarra SAT, UPNA y Viticultura Viva, así como al Gobierno de Navarra (Departamento de Desarrollo Económico) y a FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) por su financiación.
- A mis padres Patxi y Sagrario y a mis hermanos Mikel y Jon, por apoyarme y animarme en todo momento.

Este Trabajo Fin de Grado se ha realizado en el marco del proyecto “0011-1365-2016-000079 Vit-foot”, financiado dentro de la convocatoria de Ayudas a Proyectos I+D de la Consejería de Desarrollo Económico del Gobierno de Navarra, cofinanciado con fondos FEDER.

## Resumen

La llegada de la filoxera a Europa a finales del siglo XIX hizo obligatorio el empleo de portainjertos en los viñedos. Además de la resistencia a la filoxera, progresivamente se fueron obteniendo portainjertos que presentaban otras cualidades a considerar en la elección de portainjerto, como son el vigor que éste confiere a la variedad, la influencia sobre el ciclo vegetativo, la adaptación a las condiciones edafoclimáticas del lugar y su incidencia sobre la calidad de la uva. Sin embargo, desde principios del siglo XX apenas se han desarrollado nuevos portainjertos que se adapten a los problemas actuales de los viticultores.

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es la evaluación de la influencia de nuevos portainjertos de vid (*Vitis vinifera* L.) sobre distintos parámetros de comportamiento agronómico, tales como fenología, crecimiento, producción y calidad de la uva en vendimia, en las variedades Syrah y Tempranillo.

El seguimiento y toma de datos se ha llevado a cabo durante la campaña 2017, en el municipio de Miranda de Arga (Navarra), en un viñedo perteneciente a la empresa Vitis Navarra S.A.T.. Dicha viña contiene las variedades Syrah y Tempranillo, injertadas sobre un total de 21 portainjertos diferentes, de los cuales 12 son comerciales y 9 experimentales.

Los nuevos portainjertos evaluados en el presente Trabajo Fin de Grado presentaron características agronómicas a la altura de los portainjertos comerciales, además de que mostraron adaptación a diferentes objetivos de producción vitícola, tanto productivos como cualitativos.

**Palabras clave:** Portainjerto, *Vitis vinifera* L., vigor, producción, madurez fenólica.

## Laburpena

Txertaken erabilpena Europako ardantzeetan XIX mendearen bukaeran derrigorrezkoa bilakatu zen, filoxeraren etorrerarengatik. Apurka-apurka, txertaka ezberdinak garatu ziren, filoxeraren erresistentziaz gain beste ezaugarri garrantzitsuak aurkezten zituztenak, besteak beste, barietatean eragiten duen hazkundera, ziklo begetatiboan duen eragina, baldintza edafoklimatikoaren moldaera eta mahatsaren kalitatean duen eragina. Hala ere, XX mendearen hasieraz geroztik ia ez dira egungo arazoei aurre egiteko txertaka berririk garatu.

Graduaren Amaierako Lan honen helburua mahatsondoaren (*Vitis vinifera* L.) txertaka berriek Syrah eta Tempranillo barietateetan eragiten duten jokabide agronomikoa aztertzea da, aldagai ezberdinak kontuan hartuz: fenología, hazkundera, produkzioa eta mahatsaren kalitatea.

Ikerketaren jarraipena eta datuen bilketa 2017 urtean burutu dira, Vitis Navarra SAT enpresaren mahasti batean, Miranda de Arga (Nafarroa). Ardantze honetan Syrah eta Tempranillo barietateak 21 txertaka ezberdinetan txertatuta daude. Txertaka horietatik 12 komertzialak dira, eta beste bederatziak esperimentalak.

Graduaren Amaierako Lan honetan aztertutako txertaka berriak txertaka komertzialen ezaugarri agronomikoen pare kokatu ziren, eta produkzio helburu ezberdinetarako moldatzeko gaitasuna erakutsi zuten, bai produktibitate aldetik, bai eta kalitate aldetik ere.

**Gako hitzak:** Txertaka, *Vitis vinifera* L., hazkundera, produkzioa, heldutasun fenolikoa.

## **Abstract**

The arrival of phylloxera in Europe at the end of the 19th century made the use of rootstocks obligatory in the vineyards. In addition to the resistance to phylloxera, rootstocks were gradually obtained with other qualities to be considered in the choice of rootstock, such as the effect on scion performance, the influence on the vegetative cycle, the adaptation to the edaphoclimatic conditions and the incidence on the quality of the grape. However, since the early twentieth century, new rootstocks hardly been developed to adapt to the current problems of vine growers.

The goal of this Final Degree Project is the evaluation of the influence of new grapevine rootstocks (*Vitis vinifera* L.) on different parameters of agronomic behaviour in Syrah and Tempranillo varieties, such as phenology, growth, yield and quality of the grape.

The data collection was performed during the 2017 campaign, in a vineyard owned by Vitis Navarra S.A.T. company, located in Miranda de Arga (Navarre). This vineyard contains Syrah and Tempranillo varieties, both grafted on a total of 21 different rootstocks, of which 12 are commercial and 9 experimental.

The new rootstocks presented suitable agronomic characteristics, as appropriate as the commercial rootstocks. In addition, the new rootstocks showed adaptation to different objectives of wine production, both productive and qualitative.

**Keywords:** Rootstock, *Vitis vinifera* L., vigor, production, phenolic maturity.

## Índice

1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Situación actual e importancia del cultivo de la vid .....	1
1.2. Origen e importancia de los portainjertos de la vid .....	1
1.3. Influencia de los portainjertos en vid y factores que condicionan su elección.....	3
1.3.1. Desarrollo vegetativo .....	4
1.3.2. Rendimiento .....	4
1.3.3. Calidad de la uva.....	5
1.3.4. Ciclo vegetativo .....	6
1.3.5. Factores condicionantes en la elección de los portainjertos .....	6
1.4. Descripción de las principales familias de portainjertos clásicos.....	7
1.4.1. <i>Vitis riparia</i> .....	7
1.4.2. <i>Vitis rupestris</i> .....	7
1.4.3. Híbridos de <i>riparia</i> × <i>rupestris</i> .....	7
1.4.4. Híbridos de <i>riparia</i> × <i>berlandieri</i> .....	8
1.4.5. Híbridos de <i>rupestris</i> × <i>berlandieri</i> .....	9
1.4.6. Híbridos de <i>vinifera</i> × <i>berlandieri</i> .....	9
1.4.7. Otros portainjertos .....	10
1.5. Situación actual de desarrollo de nuevos portainjertos a nivel mundial.....	10
1.5.1. Estados Unidos.....	10
1.5.2. Alemania .....	11
1.5.3. Australia.....	12
1.5.4. Italia.....	13
1.5.5. Francia.....	14
1.5.6. España .....	14
2. OBJETIVO.....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1. Material vegetal.....	17
3.2. Material instrumental .....	17
3.3. Métodos.....	17
3.3.1. Efecto del portainjerto sobre la fenología.....	17
3.3.2. Efecto del portainjerto sobre el crecimiento vegetativo .....	19
3.3.3. Efecto del portainjerto sobre la producción.....	19
3.3.4. Efecto del portainjerto sobre la composición de las bayas .....	19
3.4. Tratamiento estadístico .....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. Syrah .....	23
4.1.1. Efecto del portainjerto sobre la fenología.....	23

4.1.2. Efecto del portainjerto sobre el crecimiento vegetativo .....	24
4.1.3. Efecto del portainjerto sobre la producción.....	26
4.1.4. Efecto del portainjerto sobre la composición de las bayas .....	29
4.1.5. Análisis estadístico.....	35
4.2. Tempranillo.....	37
4.2.1. Efecto del portainjerto sobre la fenología.....	37
4.2.2. Efecto del portainjerto sobre el crecimiento vegetativo .....	38
4.2.3. Efecto del portainjerto sobre la producción.....	40
4.2.4. Efecto del portainjerto sobre la composición de las bayas .....	43
4.2.5. Análisis estadístico.....	49
5. CONCLUSIONES .....	51
6. BIBLIOGRAFÍA.....	52
7. ANEXOS.....	56

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Difusión de la filoxera en España. 1878-1920 (Piqueras, 2005).</i> .....	2
<b>Figura 2.</b> <i>Parcela de Vitis Navarra S.A.T. donde se encuentran los nuevos portainjertos de la serie RG.</i> .....	15
<b>Figura 3.</b> <i>Resultados obtenidos para los parámetros de crecimiento para cada portainjerto estudiado en la variedad Syrah.</i> .....	24
<b>Figura 4.</b> <i>Resultados obtenidos para los parámetros de producción para cada portainjerto estudiado en la variedad Syrah.</i> .....	26
<b>Figura 5.</b> <i>Resultados obtenidos para los parámetros básicos de composición de baya en vendimia para cada portainjerto estudiado en la variedad Syrah</i> .....	29
<b>Figura 6.</b> <i>Resultados obtenidos para los parámetros de madurez fenólica para cada portainjerto estudiado en la variedad Syrah</i> .....	33
<b>Figura 7.</b> <i>Resultados obtenidos para los parámetros de crecimiento para cada portainjerto estudiado en la variedad Tempranillo.</i> .....	38
<b>Figura 8.</b> <i>Resultados obtenidos para los parámetros de producción para cada portainjerto estudiado en la variedad Tempranillo</i> .....	40
<b>Figura 9.</b> <i>Resultados obtenidos para los parámetros básicos de composición de baya en vendimia para cada portainjerto estudiado en la variedad Tempranillo.</i> .....	43
<b>Figura 10.</b> <i>Resultados obtenidos para los parámetros de madurez fenólica para cada portainjerto estudiado en la variedad Tempranillo.</i> .....	47

## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. Situación actual e importancia del cultivo de la vid

La vid (*Vitis vinifera* L.) es una planta leñosa de hoja caduca, cultivada desde la antigüedad, ligado a la producción de vino (Larrea Redondo, 1981). El cultivo de la vid es una actividad de gran importancia a nivel mundial, no sólo por el valor económico que genera, sino también por el valor social y medioambiental que supone. Según datos de la Organización Internacional de la Viña y el vino (OIV, 2017), en el año 2016 la superficie mundial del cultivo del viñedo era de 7,5 millones de hectáreas, siendo España el país con mayor número de hectáreas dedicadas a este cultivo (14%) seguido por China (11%), Francia (10%) e Italia (9%). En términos de producción, España es el tercer país que más vino produce, con 39,3 millones de hectolitros, por detrás de Francia e Italia.

Cerca del 95% de la producción de uva en España se destina a la elaboración de vino. El resto se destina en su mayoría a uva de mesa y un pequeño porcentaje a uva para pasificación. Del total de hectáreas cultivadas en España, Castilla la Mancha representa algo menos de la mitad de la superficie. Navarra representa un 2% y esto le supone ser la quinta provincia con mayor superficie del país (MAPAMA, 2016). Según datos del Gobierno de Navarra (2016), en la comunidad Foral el viñedo cuenta con 18.933 hectáreas, lo que supone un 6% de la superficie agrícola total cultivada, y un 8% respecto a la producción de los principales productos agrícolas Navarros.

### 1.2. Origen e importancia de los portainjertos de la vid

La llegada de los fenicios a la península ibérica hacia el año 1000 a.n.e., supuso el establecimiento del cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.) en España (Hidalgo & Hidalgo, 2011). Desde entonces, para plantar una viña bastaba sencillamente abrir hoyos en el campo y poner en ellos estacas de sarmientos de las mejores cepas, sometiéndolos a los cuidados ordinarios de cultivo y obteniendo viñas espléndidas y duraderas. De esta forma, la viña duraba cientos de años, pues las plantas que iban muriendo se reponían mediante acodo o mugrón. Todo cambió a finales del siglo XIX, debido a la aparición y expansión de la filoxera (*Dactylosphaera vitifoliae*) en Europa. Esta especie de pulgón vive fijo en las raíces de las vides, chupando sus jugos y produciendo en breve plazo la desecación y muerte de la planta (Larrea Redondo, 1981).

Sobre la introducción de la filoxera en Europa se ha especulado mucho. Hoy se sabe que se produjo a la vez por varios puntos (Francia, Portugal, Alemania, Austria), como consecuencia de la importación de vides americanas resistentes al *oidium* a partir de 1856. Se da por sentado que la principal transmisora fue la variedad *Isabella*, originaria del estado de Georgia, muy apreciada en Europa por su resistencia al *oidium* pero muy sensible a la filoxera. Su posterior difusión por toda Europa, incluidas varias islas del Mediterráneo, no sólo fue por



- Injertos sobre las especies americanas *Vitis riparia* y *Vitis rupestris*, utilizadas puras, que permitieron poner en marcha la reconstitución del viñedo. Su extensión se limitó por su baja resistencia a la clorosis.
- El uso de híbridos *V. riparia* × *V. rupestris*, para buscar aptitudes intermedias entre las especies parentales;
- La plantación de *V. berlandieri*, resistente a la caliza, pero difícil de estaquillar, hibridada con *V. vinifera*, *V. riparia* y *V. rupestris*.
- El uso de *V. longii* (var. *Solonis*), encontrado en América, en los suelos salinos o muy húmedos.
- Injertos sobre híbridos complejos entre las especies ya citadas como, por ejemplo, (*vinifera* × *rupestris*) × *riparia* o *riparia* × (*cordifolia* × *rupestris*).

Los primeros trabajos de mejora de portainjertos en el mundo estuvieron orientados a conseguir resistencia a la caliza y a la filoxera, pero progresivamente se han ido obteniendo portainjertos que presentan además otras cualidades. Dichas cualidades suponen criterios añadidos a considerar en la elección de portainjerto, como son el vigor que éste confiere a la variedad, la influencia sobre el ciclo vegetativo del injerto, la facilidad de estaquillado y de injerto, la adaptación a condiciones específicas del lugar (sequía, humedad, salinidad, etc.) y la calidad de la uva (Galet, 1998; Reynier, 2012). De esta forma, el uso de distintos portainjertos conlleva respuestas variables, de las diferentes variedades de vid, en las diversas regiones y zonas productoras de vino del mundo, las cuales dependen de las condiciones edafoclimáticas del lugar de cultivo (Reynier, 2002). Así, la elección adecuada del portainjerto, en función de las características del lugar de cultivo y los objetivos productivos, puede permitir el incremento de la eficiencia productiva del viñedo, y por consiguiente el aumento de la rentabilidad del viticultor (Dry, 2007). El análisis de los factores de producción y los criterios para la elección del portainjerto deben ser considerados como aspectos preferentes en términos tanto de experimentación como de aplicación práctica en la plantación de viñedo. En definitiva, se trata de un factor de producción que lleva implícita una enorme repercusión en la rentabilidad del viñedo (Sampaio & Vasconcelos, 2005).

### 1.3. Influencia de los portainjertos en vid y factores que condicionan su elección

La función del portainjerto es proporcionar la nutrición hídrica y mineral a la variedad, de donde se desprenden sus efectos de vigor y de calidad, influyendo en la longevidad de la vid, así como en la productividad de la variedad injertada, variando la precocidad y la fructificación (Boulay, 1965). A la fecha no se encuentra un portainjerto “Universal”, que combine bien con todas las variedades productoras de vid, se adapte a todas las condiciones de suelo y que su uso dé solución a todos los problemas presentes. La selección del portainjerto adecuado al problema por combatir es un aspecto muy importante y determinante, que merece toda la atención, ya que esta decisión una vez establecido el viñedo, se sobrellevará durante todos los años de la vida productiva del mismo (Madero, 1997).

### 1.3.1. Desarrollo vegetativo

El crecimiento de un viñedo depende de la superficie foliar, por ser el sistema de captador de energía luminosa, necesario para la maduración, crecimiento, acumulación de reservas de compuestos en la uva y la viña, etc. La superficie foliar determina la potencialidad del viñedo, por lo tanto, cuanta más masa foliar y más energía se capte, mayor será el desarrollo vegetativo (Ljubetic, 2008). Se ha determinado que en suelos muy fértiles los portainjertos muy vigorosos podrían causar una disminución de la productividad por un exceso de sombra a la fruta ocasionando mala calidad. En suelos pobres y faltos de humedad los patrones vigorosos tendrían una mayor capacidad de sobrevivir, debido a una mayor penetración del sistema radicular, la cual permitiría una mayor absorción de nutrientes con lo que se favorecería el vigor del injerto. Considerando todo esto la elección de un determinado portainjerto respecto a su vigor, debería tomar en consideración si las condiciones de crecimiento son favorables o no, lo que estará determinado por la fertilidad del suelo, disponibilidad de agua, condiciones climáticas y sistemas de conducción de las plantas (Hartmann & Kester, 1979).

Cada portainjerto tiene en sus raíces su propio vigor, el cual se refleja en la cantidad de madera producida. El vigor de la variedad es reflejo del vigor transmitido por el portainjerto y es estimado en la cantidad de cosecha y de madera producida por la variedad. Este vigor conferido por el portainjerto es una importante propiedad fisiológica ya que determina la tasa de crecimiento de la planta, la precocidad o retraso de la maduración de la uva, el nivel de producción y la calidad del producto (Madero & Madero, 2008). En general los portainjertos vigorosos como 110R y 140Ru favorecen las altas producciones, retrasan la maduración y a veces requieren una mayor carga de yemas dejadas en la poda para evitar problemas de corrimiento de las flores del racimo, mientras que los portainjertos de vigor débil o medio como 420 y SO4 tienden a favorecer la calidad, y además adelantan la maduración (Martínez & Carreño, 1991).

### 1.3.2. Rendimiento

Una característica importante de los portainjertos es la habilidad para absorber más eficientemente nutrientes como fósforo y potasio, cuyos niveles se asocian al vigor y productividad de las plantas (Muñoz & González, 1999).

Los injertos poco vigorosos crean una barrera en la correcta nutrición de la planta, produciendo una cosecha de menor volumen, aunque de mayor precocidad y calidad. Por el contrario, los más vigorosos, son favorables a las grandes producciones, de menor calidad y vendimia más tardía. En situaciones vitícolas con vocación de producción de vinos de calidad, la elección de portainjertos debe orientarse hacia los de más débil vegetación, naturalmente compatibles con su normal y económico desarrollo. Por el contrario, en situaciones vitícolas con vocación de producción de vinos corrientes, las necesidades son totalmente diferentes, exigiendo la abundante producción el empleo de portainjertos vigorosos (Hidalgo & Hidalgo, 2011).

La fertilidad (número de racimos por yema) que induce el patrón sobre la variedad es muy variable. Ciertos portainjertos (los más vigorosos) agravan el corrimiento y el millerandage en los racimos, aspecto importante en variedades sensibles (Merlot, Garnacha, Gewürztraminer...). Por otra parte, el portainjerto influye en el tamaño de la baya: Los portainjertos de enraizamiento potente tienen bayas más grandes, pero portainjertos de enraizamiento superficial también pueden producir bayas grandes en caso de que la pluviometría durante la maduración sea excesiva. Por ejemplo en Burdeos, el SO4 sobre Cabernet Sauvignon a menudo obtiene un gran rendimiento debido a su enraizamiento potente, pero también gracias a la fertilidad que induce, así como la calidad de la fecundación y el tamaño de las bayas (Cordeau, 2002). La producción de uva puede aumentar también por el fenómeno mecánico de mayor lentitud de circulación de la savia, que produce un mejor riego del líquido útil en los órganos aéreos (Larrea Redondo, 1981).

Como norma general, los *riparia* × *berlandieri* y las *vinifera* × *berlandieri* aportan a la viña mayor fertilidad que los *rupestris* × *berlandieri* y los *riparia* × *rupestris* (Cordeau, 2002).

### 1.3.3. Calidad de la uva

Experiencias en el extranjero, que comparan uvas provenientes de vides injertadas con fruta de plantas sin injertar, señalan que existen diferencias notorias en el contenido de azúcar, pH y peso de las bayas (González & Muñoz, 2000). Los compuestos fenólicos determinan la calidad de los vinos tintos debido a que son responsables de atributos visuales y sensoriales fundamentales como son el color, la tanicidad y la estructura (Skogerson et al., 2007). La biosíntesis y la concentración final de fenoles en la baya depende del clima, del suelo, del vigor de la variedad y portainjerto y de las prácticas culturales (Jackson & Lombard, 1993) que afectan la fisiología de la maduración y por lo tanto, la acumulación de los compuestos fenólicos en la uva (Downey et al., 2003). La intensidad y la calidad de los aromas y los polifenoles están fuertemente influenciadas por el portainjerto (Cordeau, 2002), aunque no está claro aún que todos los efectos sobre la calidad de la fruta sean debido directamente al portainjerto o sean dados por el cambio en el microclima del canopy (Muñoz & González, 1999).

El vigor inducido por el portainjerto (incluso cuando no se traduce en un rendimiento excesivo) es desfavorable a la calidad de la uva, cuando este vigor es fuerte. Se sabe que el vigor conlleva un retraso en los fenómenos vegetativos (agostamiento, madurez), así como una competencia importante en el uso de azúcares de la fotosíntesis entre los órganos vegetativos (hojas y pámpanos) y los racimos (Cordeau, 2002), además de favorecer el desarrollo de enfermedades debido al aumento de humedad y a la sombra producida por el desarrollo vegetativo (Pellegrino et al., 2006). Los viñedos más vigorosos son siempre los menos precoces, dando finalmente frutos menos azucarados y más ácidos (Hidalgo, 2006).

El portainjerto no es el único factor del vigor en un suelo vitícola, pero es uno de los pocos factores en los que el viticultor puede intervenir (Cordeau, 2002). En medios con vocación de calidad, debe escogerse el portainjerto más vigoroso entre los más débiles

adaptados a las circunstancias, mientras que en situaciones con vocación de cantidad, debe elegirse el portainjerto que mejor se adapta a las condiciones del medio, con desarrollo vigoroso, inductor de rendimiento elevado (Hidalgo & Hidalgo, 2011).

#### 1.3.4. Ciclo vegetativo

El ciclo anual de la planta varía con el portainjerto, pudiendo transmitir sus cualidades de anticipar o retrasar la brotación, la florescencia o la maduración, si bien las experiencias hechas en Norteamérica indican que se trata sólo de días (Larrea Redondo, 1981). La precocidad de la maduración adquiere importancia cuando se trata de variedades de mesa precoces, cultivadas para llegar a los mercados lo antes posible (Agustí, 2004).

Los diversos ensayos con diferentes portainjertos evidencian su efecto en la maduración respecto al cultivo de vides francas: Los portainjertos 1103P, 99R, 110R y 140Ru pueden retrasar la acumulación de sólidos solubles (SS) en diferentes cultivares entre 3 y 5 días con respecto al franco. Sin embargo no se ha determinado un retraso en la toma de color de la fruta en ninguno de ellos. Por otro lado los portainjertos como 3309C y 101-14 Mgt., adelantan hasta en una semana la acumulación de sólidos solubles con respecto al franco (Muñoz & González, 1999).

La influencia del portainjerto en la fenología resulta de gran importancia. Por una parte, en zonas de clima frío, en las que la maduración se lleva a cabo en condiciones climáticas adversas, como por ejemplo Asturias, la vendimia se realiza a mediados de octubre. Un portainjerto que adelante algunos días la maduración minimizará los riesgos de podredumbre del racimo y permitirá que la uva alcance una maduración óptima (Loureiro et al., 2015). Por otra parte, en zonas cálidas o afectadas por el cambio climático, la vendimia se adelanta en exceso. El aumento de la temperatura en las diferentes regiones vitícolas, repercute adelantando la brotación y acortando el ciclo fenológico de la vid, originando sobremaduración del fruto, con baja acidez y altos contenidos en azúcar, así como la alteración de los aromas (Cantos, 2016). Se hace por ello necesario el uso de portainjertos que alarguen el ciclo de la vid, de modo que se mantenga una maduración más tardía (Clingleffer et al., 2011).

#### 1.3.5. Factores condicionantes en la elección de los portainjertos

La selección adecuada de un portainjerto tiene que tener en cuenta al menos, y cuando proceda, las siguientes condiciones fundamentales (Hidalgo & Hidalgo, 2011):

- Ser resistente a filoxera y/o a nematodos.
- Mostrar adaptación al medio:
  - Resistencia a la caliza.
  - Resistencia al exceso de humedad.
  - Resistencia a la compacidad del terreno.
  - Resistencia a la salinidad.
  - Resistencia a la acidez.
  - Adaptación a carencias de potasio y magnesio.

- Tener afinidad satisfactoria con la variedad productora.
- Permitir el desarrollo de las plantas acorde con el objetivo de la producción.

#### 1.4. Descripción de las principales familias de portainjertos clásicos

Casi todos los portainjertos en uso en España descienden de alguna de estas especies: *V. rupestris*, *V. riparia*, *V. berlandieri*, *V. longii* (var. *Solonis*), y generalmente lo que se emplean son híbridos de los mismos (Larrea Redondo, 1981), así como híbridos con *V. vinifera*.

Las principales características vitícolas y enológicas de los principales portainjertos empleados son las siguientes (Reynier, 2002):

##### 1.4.1. *Vitis riparia*

###### ***Riparia Gloria de Montpellier***

Confiere al injerto un vigor débil en los suelos pobres, pero suficiente en los suelos arcillosos. Buena respuesta al estaquillado y al injerto. Muy sensible a la clorosis: 6% de caliza activa o 5 de poder clorosante (IPC). Sensible a la sequía y a los vientos cálidos, tolerando bastante bien una cierta humedad, así como los terrenos salinos hasta 0,4 ppm. Favorece la fructificación y adelanta la maduración de la uva. Se adapta bien a los terrenos frescos y fértiles, así como a la mayor parte de los suelos no calizos que presentan un correcto nivel de materia orgánica, y en terrenos arcillo-calcáreos poco tolerantes donde la costra caliza sea poco compacta y profunda. Se aconseja para la producción de vinos de calidad y de uvas de mesa precoces.

##### 1.4.2. *Vitis rupestris*

###### ***Rupestris de Lot***

Produce un gran vigor al principio del crecimiento vegetativo. Buena respuesta al estaquillado y al injerto. Poco resistente a la clorosis: hasta un 14% de caliza activa ó 20 de IPC. Poco resistente a la sequía en terrenos superficiales, aunque su sistema radicular le permite explorar en profundidad, siendo sensible a la humedad y adaptándose bien a los terrenos salinos de menos de 0,8 ppm. Puede provocar corrimiento y retrasar la fecundación. Muy adaptado a suelos pedregosos, pobres, pero suficientemente profundos. Es adecuado para obtener buenos rendimientos o aprovechar los terrenos pocos fértiles y profundos. Adaptado a viñedos meridionales.

##### 1.4.3. Híbridos de *riparia* × *rupestris*

Estos portainjertos confieren un vigor medio y una precocidad favorable a la calidad, pero son sensibles a la sequía y a la clorosis.

###### **3309 C (Couderc)**

Por sus caracteres ampelográficos y sus aptitudes, es más próximo al *rupestris* que al *riparia*. Vigor y precocidad medianos. Buena respuesta al estaquillado y al injerto. Resistencia

bastante débil a la clorosis: hasta un 11% de caliza activa ó 10 de IPC, pero superior al *Riparia Gloria*. Adecuado para suelos profundos poco calcáreos. Sensible a la sequía, sobre todo el climas cálidos, tolerando poco el exceso de humedad, siendo recomendable para obtener vinos de calidad, aunque se comporta peor en suelos ácidos que el 101-14 MG y Gravesac.

#### **101-14 MG (Millardet y Grasset)**

Confiere un vigor más débil que el 3309C y una mayor precocidad. Sensible a la acidez de los suelos y a la presencia de caliza, no resistiendo la sequía y tolerando el exceso de humedad, adaptándose bien a los terrenos frescos, dando buenos resultados en suelos no demasiado pobres ni tampoco demasiado secos.

#### **1.4.4. Híbridos de *riparia* × *berlandieri***

Estos portainjertos confieren al injerto un vigor de débil a medio en general, a veces fuerte cuando los suelos son profundos con un balance hídrico no limitante. Son bastante resistentes a la caliza, pero son sensibles al exceso de humedad y a la tilosis.

#### **161-49 C (Couderc)**

Es un portainjerto de vigor medio, con respuesta media al estaquillado, comportándose mejor al injerto en campo que al de taller. Bastante resistente a la caliza: 25% de caliza activa ó 60 de IPC. Sensible a la sequía, siendo bastante tolerante a la humedad, muy sensible a la tilosis, sobre todo en los suelos arcillosos, presentando una elevada mortandad durante los 15 primeros años desde la plantación. Prefiere los suelos sanos, bien drenados, profundos, comunicando vigor y producciones regulares pero sin excesos, dando vinos ricos en alcohol y bien coloreados.

#### **SO4**

Confiere al injerto un desarrollo rápido, un gran vigor y una fuerte producción, pero un retraso en la maduración, siendo a veces el grado alcohólico de los vinos insuficiente, con acidez elevada, taninos duros y gustos herbáceos. Este exceso de vigor en tierras de fertilidad media o elevada, favorece la podredumbre gris. Resistencia a la caliza menor que 161-49C (20% de caliza activa ó 40 de IPC), aunque es menos sensible a la sequía y tolera los subsuelos húmedos. Manifiesta asfixia radicular y tilosis durante los primeros años en tierras fuertes y a la salida de los otoños e inviernos lluviosos, siendo sensible a la carencia de magnesio y al desecamiento del raspón.

#### **420 A-MG (Millardet y Grasset)**

Este portainjerto responde bien al estaquillado pero algo peor al injerto, sobre todo hecho en campo en primavera. Resiste bien a la clorosis: hasta un 40 de IPC, es sensible a la sequía adaptándose mal a los terrenos húmedos en invierno y primavera, especialmente en terrenos compactos y arcillosos, siendo a veces sensible a la carencia en potasio. Su vigor es medio, próximo al de *riparia*, retrasa la maduración, sobre todo en terrenos fríos, por lo que no conviene a las variedades tardías en terrenos fríos. Resultan excelentes resultados en suelos

arcillo-calcáreas bastante profundos, en las gravas y los suelos arcillo-gravosos de subsuelo filtrante.

#### 1.4.5. Híbridos de *rupestris* × *berlandieri*

Estos portainjertos manifiestan una muy buena resistencia a las clorosis y una buena adaptación a la sequía, confiriendo un fuerte vigor, que puede ser excesivo en suelos profundos y con buenas reservas hídricas, estando muy bien adaptados a los viñedos mediterráneos y producir vigor en suelos superficiales, secos y calcáreos, donde produce vinos de calidad.

##### **110 R (Richter)**

Portainjerto de gran vigor, con regular respuesta al estaquillado, siendo ésta algo mejor en el injerto en campo. Resistencia a la clorosis media: hasta un 17% de caliza activa y 30 de IPC, así como también a la sequía en tierras arcillo-silíceas, siendo sensible a la humedad permanente en el subsuelo. Confiere vigor, productividad y retrasa la maduración, aunque permite obtener buenos resultados en zonas meridionales, desarrollándose normalmente en suelos cálidos, secos y áridos.

##### **99 R (Richter)**

Responde bien al estaquillado y muy bien al injerto en cabeza, siendo el de taller más difícil, con un vigor ligeramente inferior al de 110R. Resiste generalmente un valor de 30 de IPC, con resistencia media a la sequía, a veces sensible al desecamiento del raspón y a la carencia de magnesio. Confiere vigor y productividad con menor calidad que el 110R y una sensibilidad mayor a la podredumbre gris.

##### **1103 P (Paulsen)**

Respecto al 110R presenta las ventajas de una mejor respuesta al estaquillado y al injerto, con desarrollo precoz, una menor sensibilidad a la humedad y una mejor adaptación a los contenidos elevados de arcilla, siendo muy vigoroso.

##### **140 Ru (Ruggeri)**

Portainjerto muy rústico y vigoroso, bastante resistente a la sequía, desarrollándose bien en terrenos calcáreos, mejor que el 41B en los suelos superficiales y secos. Es sensible a la humedad, produciéndose a partir de una determinada edad mortandad en las cepas, sobretodo en terrenos compactos y húmedos en invierno. Produce bastante y retrasa la maduración, siendo desaconsejable en los vinos de calidad.

#### 1.4.6. Híbridos de *vinifera* × *berlandieri*

Estos portainjertos presentan interés por su resistencia en los suelos muy calcáreos, aunque manifiestan a veces sensibilidad a filoxera.

##### **41B (Millardet y Grasset)**

Obtenido por cruzamiento de Chasselas × *berlandieri*, con mediocre respuesta al estaquillado y al injerto de taller, pero mejorando el realizado en campo. Muy resistente a la

clorosis: 40% decaliza activa y 60 de IPC, aunque puede manifestar algunos síntomas de clorosis en primaveras muy lluviosas en los suelos muy clorosantes con subsuelos húmedos y compactos. Es medianamente resistente a la sequía, provocando un desarrollo lento los primeros años, por lo que es un portainjerto de vigor medio, que provoca un retraso de la brotación, muy adecuado cuando existe riesgo de heladas en primavera.

### **Fercal**

Obtenido por el INRA por cruzamiento entre BC1 (*berlandieri* × Colombar) y 333 EM (Cabernet sauvignon × *berlandieri*), resistente a la filoxera, con mejor respuesta al estaquillado y al injerto que el 41B, muy resistente a la clorosis: hasta 120 de IPC, así como a la sequía y también al exceso de humedad en primavera. Su vigor es inferior al del 140Ru, pero muy parecido al 41B induciendo a una maduración precoz y, al mismo rendimiento, una maduración superior al 41B. Manifiesta carencia de magnesio cuando los abonados potásicos son excesivos, pudiendo plantarse en todos los suelos calcáreos, excepto en los demasiado superficiales.

#### 1.4.7. Otros portainjertos

### **Gravesac**

Obtenido por el INRA mediante cruzamiento entre 161-49 C y 3309 C, siendo vigoroso, con buena capacidad de enraizamiento e injerto, de resistencia media a la caliza con IPC 20, siendo aconsejable para suelos ácidos, arenosos, húmedos en primavera y para vinos de calidad.

## 1.5. Situación actual de desarrollo de nuevos portainjertos a nivel mundial

La hibridación de diferentes especies de vid para la obtención de portainjertos resistentes a la filoxera comenzó a finales del siglo XIX. En un periodo relativamente breve de tiempo (20-30 años) se desarrollaron prácticamente todos los portainjertos empleados actualmente en España. Entre los portainjertos autorizados actualmente en España, el de más reciente obtención es Fercal (1959). El hecho de que no se hayan introducido nuevos portainjertos se debe en parte a lo laborioso de desarrollar un plan de cruzamientos y selección, y a que se generan resultados a medio-largo plazo. Sin embargo, tras un largo periodo en el que apenas se ha trabajado en éste ámbito, en las últimas décadas, diferentes países se han puesto en marcha procesos de obtención de nuevos portainjertos por hibridación.

### 1.5.1. Estados Unidos

Los portainjertos de vid fueron multiplicados para resistir a la filoxera, pero en primera instancia no fueron seleccionados para la resistencia a los nematodos (Walker, 2008). Además de la filoxera de la vid, los nematodos fitoparásitos son la principal plaga transmitida por el suelo de las vides (Nicol et al., 1999). Los investigadores americanos llevan décadas desarrollando e investigando portainjertos que sean resistentes a los nematodos (Teubes, 2014).

Ya en 1955 y 1967, el USDA / Fresno lanza los portainjertos Harmony y Freedom (ambos obtenidos por el cruce 1613 Couderc × *V. champinii*), pero no son resistentes a la

filoxera. En 1989 se registra la variedad Ramsey (*Vitis champinii*), el cual sí resistía a la filoxera y a ciertos nematodos, pero presentaba diferentes problemas, como incompatibilidades con multitud de variedades viníferas (Teubes, 2014).

En 1991 la Universidad de California Davis registra el O39-16 (*V. vinifera* × *V. rotundifolia*) con una resistencia muy fuerte al nematodo del género *Xiphinema* (Walker, 2008), aunque no al virus del entrenudo corto que éste transmite y con dificultades en el enraizamiento y baja resistencia a la caliza (Anderson et al., 2005). Los esfuerzos para encontrar portainjertos de uva resistentes a nematodos continuaron en UC Davis en 1993, cuando se realizaron 75 cruces, produciendo 5.000 plántulas individuales para su evaluación. La evaluación de los resultados de estos cruzamientos comenzó en 1996, con 1.000 plántulas identificadas, de las cuales las mejores 100 se avanzaron para probar la resistencia a los nematodos (Maxwell, 2017). De esta forma, en 2004 se registran dos portainjertos, RS3 y RS9 (hermanos de un cruce Schwarzmann × Ramsey), diseñados para resistir a especies de nematodos múltiples. Sin embargo, esta resistencia a los nematodos posee una base genética relativamente estrecha, lo que puede promover la evolución de biotipos capaces de alimentarse de ellos (Walker, 2008).

En el año 2017, Gopal Plant Genetics ha firmado un acuerdo con la UC Davis, para comercializar dos portainjertos de vid resistentes a nematodos patentados por UC Davis en Europa. Los portainjertos son los siguientes (Maxwell, 2017):

- "GRN-1 (8909-05-AW)" (*V. rupestris* × *V. rotundifolia*): el más resistente a nematodos de todos los portainjertos probados. Ofrece resistencia a los nematodos del género *Meloidogyne*, *Xiphinema*, *Tylenchulus*, *Pratylenchus* y *Bursaphelenchus*, así como a la filoxera.
- "GRN-3 (9365-43-AW)" (*V. rufotomentosa* × (Dogridge × Riparia G.)] × Champinii c9038): vigor de moderado a alto y es más probable que le vaya bien en los suelos calizos. GRN3 es fácil de injertar y más adaptable a climas más fríos. Ofrece resistencia a *Meloidogyne*, *Xiphinema*, *Tylenchulus*, *Pratylenchus*, así como a la filoxera, pero no a *Bursaphelenchus*.

En la actualidad, la UC Davis continua con el desarrollo de nuevos portainjertos utilizando especies de *Vitis* con las que no se ha trabajado previamente: *V. arizonica*, *V. nesbittiana*, *V. mustangensis*, *V. aestivalis*, *V. rufotomentosa* y *V. x slavinii*. Se trata de una serie de especies relacionadas del suroeste de los Estados Unidos que poseen una fuerte resistencia a *Xiphinema*, enfermedad de Pierce, sequía y salinidad (Anderson et al., 2005).

### 1.5.2. Alemania

A principios del siglo XX, el investigador científico alemán Carl Börner observó que un tipo de *Vitis cinerea* (*Vitis cinerea* Arnold) no solo era tolerante, sino que en realidad era resistente a la filoxera. *V. cinerea* no permite que el insecto se alimente de sus raíces (Rühl, 1996). Por otra parte, induce una buena adaptación a la sequía (Anderson et al., 2005).

Desafortunadamente, *V. cinerea* Arnold tiene una capacidad de injerto y de enraizamiento deficiente (Rühl, 1996).

Anhelando una variedad de portainjertos que tuviera una alta resistencia a la filoxera y una excelente capacidad de injerto y enraizamiento, en 1936 Borner realizó una gran cantidad de cruces entre *V. cinerea* Arnold y otras variedades y especies con el objetivo de la eliminación total de la filoxera. Las plántulas que resultaron de este programa de cría fueron plantadas en 1943 en un campo de examen de Zellertal. En 1964, una selección especial de los nuevos portainjertos más interesantes y prometedores derivados del Zellertal se llevaron al instituto Geisenheim. Helmut Becker continuó la investigación de Borner y finalmente se eligió una nueva variedad por sus características vitícolas sorprendentemente positivas y su resistencia completa a la filoxera, llamado Borner (*Vitis riparia* G 183 × *Vitis cinerea* Arnold). En 1989, el portainjerto Borner se registró en la Oficina Alemana de Registro de Variedades (Rühl, 1996).

El portainjerto Borner presenta las siguientes características (Rühl, 1996):

- Primer portainjerto con plena resistencia a la filoxera.
- Buena adaptación a la mayoría de los suelos de Alemania y otras regiones europeas.
- Resistencia a nematodos del género *Meloidogyne* y *Xiphinema*.
- Vigor medio, alta resistencia a la sequía, pero poco tolerante a suelos húmedos o calizos.

En la actualidad el instituto de Geisenheim está trabajando en un programa de selección de nuevos portainjertos que incluyan a *Vitis cinerea*, con el objetivo de obtener portainjertos con mejores aptitudes de multiplicación en vivero y de resistencia a clorosis (Schmid et al., 1998).

### 1.5.3. Australia

Las características principales exigidas a los portainjertos en la viticultura australiana son la resistencia a filoxera, nematodos, y a la salinidad. La resistencia a la sequía también cobra importancia en los últimos años. Los portainjertos demandados tienen un bajo vigor, para evitar el impacto negativo sobre la composición de la baya que genera el alto vigor. En busca de portainjertos que se adapten mejor a estas características surge el programa CSIRO (Walker & Clingeleffer, 2009).

El programa CSIRO implantó en 1989 un ensayo con 55 portainjertos híbridos experimentales, así como los portainjertos tradicionales en Australia Ramsey y 1103P, injertados sobre la variedad Syrah. La plantación se localizó en Victoria, el suelo era franco arenoso y estaba contaminado con nematodos y filoxera. Durante años se estudió la adaptación de los portainjertos y su comportamiento frente a las condiciones regionales, caracterizadas por las altas temperaturas, fuertes sequías y suelos salinos. Finalmente se seleccionaron 3 portainjertos híbridos que poseen las siguientes características (Clingeleffer et al., 2011):

- Vigor notablemente menor que el de los portainjertos tradicionales, acompañada de un rendimiento menor.
- Mejor composición de la uva que con los portainjertos tradicionales, con mayor producción de polifenoles.
- Resistencia a la filoxera, y comportamiento aceptable frente a los nematodos, si bien no tolera todos los tipos de nematodos presentes en las diferentes regiones vitícolas de Australia.

Los nuevos portainjertos se comercializaron en 2007 y son los siguientes: Merbein 5489, Merbein 5512 y Merbein 6262.

#### 1.5.4. Italia

El establecimiento de nuevos portainjertos en Italia viene motivada por las necesidades surgidas de la viticultura moderna: emergencia de nuevos modelos vitícolas, ciertas consecuencias del cambio climático, problemas con diferentes tipos de suelo, etc. Un equipo de científicos de la Universidad de Milán inició en los años 80 una investigación para la obtención de nuevos portainjertos, con una serie de cruces que dio lugar a la serie M (Tergeo, 2015).

Estos son algunas de las características agronómicas más destacables de los 4 portainjertos que desarrolló la Universidad de Milán (Reynolds, 2015):

- ✚ M1 (106/8 [*V. riparia* × (*V. cordifolia* × *V. rupestris*)] × Resseguier N° 1 (*V. berlandieri*)): Bajo vigor, alta resistencia a la clorosis férrica y resistencia media a la salinidad.
- ✚ M2 (Teleki 8B (*V. berlandieri* × *V. riparia*) × 333 E.M (*V. vinifera* × *V. berlandieri*)): Vigor medio, buena resistencia a la clorosis férrica y resistencia media a la salinidad.
- ✚ M3 (R27 (*V. berlandieri* × *V. riparia*) × Teleki 5C (*V. berlandieri* × *V. riparia*)): Bajo vigor, alta eficiencia en la absorción de potasio, baja resistencia a la salinidad.
- ✚ M4 (41B (*V. vinifera* × *V. berlandieri*) × Resseguier N° 1 (*V. berlandieri*)): Vigor medio o alto, buena resistencia a la sequía y alta resistencia a la salinidad.

Desde principios del siglo XXI, con el objetivo de analizar el comportamiento vegetativo y productivo de estos portainjertos y compararlos con los portainjertos tradicionales empleados en Italia, se establecieron en diferentes regiones vitivinícolas de Italia viñedos injertados sobre la serie M y sobre portainjertos tradicionales como el 1103P, 110R, 140Ru, 41B y 420A. La variedad empleada fue Cabernet Sauvignon (Reynolds, 2015).

Con más de 10 viñedos distribuidos por diferentes regiones, los resultados de estos ensayos mostraron diferencias destacables de la serie M respecto a los portainjertos tradicionales. A nivel vegetativo, los 4 nuevos portainjertos, sobretudo M1 y M3, presentaron un vigor medio o bajo. En cuanto a la composición de la uva, el M2, M3 y M4 mejoraron la acumulación de azúcares, y en el caso del M3, mantuvo un pH inferior a los portainjertos tradicionales. En cuanto a la composición fenólica, el M1 y M3 mostraron mayor acumulación

de polifenoles que el resto. En términos generales, el análisis del equilibrio entre el desarrollo vegetativo, la producción y la calidad de la uva mostró la habilidad de los nuevos portainjertos de mantener resultados superiores a la media, incluso en condiciones desfavorables. Gracias a la buena adaptación de la serie M en los viñedos experimentales, los portainjertos M1, M2, M3 y M4 fueron registrados en el catálogo nacional de portainjertos autorizados en el año 2014 (Reynolds, 2015).

#### 1.5.5. Francia

Debido a la alta toxicidad de los nematicidas utilizados para prevenir la propagación del virus del entrenudo corto (GFLV), en el año 1985 diversos investigadores franceses iniciaron el estudio de *Muscadinia rotundifolia*. Esta especie es altamente resistente a la filoxera y al nematodo *Xiphinema*, pero incompatible con *Vitis vinifera*, además de tener baja capacidad de enraizamiento y alta susceptibilidad a la clorosis. Como ya hiciera la UC Davis en 1991, los investigadores franceses realizaron cruces de *M. rotundifolia* con *V. vinifera* así como cruces de estos progenitores con otras variedades de portainjertos. De este modo, de 1985 a 1997 se estudió la resistencia al nematodo y a la transmisión de GFLV de los diferentes cruces (Bouquet et al., 2000), así como su resistencia a la filoxera, clorosis y equilibrio entre vegetación y producción (Walker & Jin, 2000).

#### 1.5.6. España

La estación de viticultura y enología de Xerez promovió en 1940 una serie de cruces para obtener portainjertos mejor adaptados a las condiciones edafoclimáticas del lugar. La cepa Berlandieri Resseguier número 2 fue el eje de las experimentaciones y se cruzó con el portainjerto Millardet et Grasset 19-62 y con la vinífera local Palomino Fino. Con resultados desiguales, el más destacado fue el 13-5 EVEX (Junta de Andalucía, 2000).

13-5 EVEX (Estación de Viticultura y Enología de Xerez), fue obtenido a partir de semillas recogidas en plantas de Berlandieri Resseguier número 2 de la colección del INIA en Cádiz. Es muy resistente a la caliza y da grandes producciones, manteniendo un buen grado Baumé. Presenta un alto grado de resistencia a la filoxera, enfermedades criptogámicas, así como a la clorosis férrica y a la sequía. Por estas razones, en la zona de Jerez presenta mejor comportamiento que portainjertos utilizados tradicionalmente, y cada vez es más demandado por los agricultores. Junto con el 5 A-MZ, es el único portainjerto de origen español presente en la lista oficial de los portainjertos de España (Junta de Andalucía, 2002).

Según Hidalgo & Candela (1979), el portainjerto 5 A-MZ (5A Martínez-Zaporta) es una mejora por autofecundación del 41B Millardet, que presenta mejores capacidades de enraizamiento que su progenitor, además de presentar un mayor vigor gracias a una selección clonal.

En la actualidad, en España no existe (o al menos no se conoce) ningún programa de desarrollo de nuevos portainjertos salvo el puesto en marcha por Vitis Navarra S.A.T. en el año 1998, cuyo material seleccionado (9 portainjertos de la serie RG, Figura 2) se está evaluando actualmente y ha formado parte del material estudiado en este Trabajo Fin de Grado. Los

parentales de estos híbridos son los portainjertos 41B y 110R ó SO4. Estos portainjertos parentales poseen características muy adecuadas para las particularidades de la viticultura española (resistentes a la caliza activa, a sequía y buen comportamiento frente a otros estreses) y además tienen un potencial cualitativo muy alto.

De esta forma, Vitis Navarra S.A.T. actualmente se encuentra inmersa en un proyecto de investigación con el que trata de desarrollar nuevos portainjertos de vid, adaptados a las particularidades edafoclimáticas de la viticultura española, lo que podría suponer un avance respecto a los portainjertos disponibles actualmente en el mercado.

**Figura 2.** Parcela de Vitis Navarra S.A.T. donde se encuentran los nuevos portainjertos de la serie RG.



## 2. OBJETIVO

El objetivo del presente Trabajo Fin de Grado es la evaluación de la influencia de nuevos portainjertos de vid (*Vitis vinifera* L.) sobre distintos parámetros de comportamiento agronómico, tales como fenología, crecimiento, producción y calidad de la uva en vendimia, en las variedades Syrah y Tempranillo.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Material vegetal

El ensayo se ha llevado a cabo durante la campaña 2017, en el municipio de Miranda de Arga (Navarra), en un viñedo perteneciente a la empresa Vitis Navarra S.A.T.. Se trata de un viñedo experimental, establecido en los años 2012 y 2013 con las variedades Tempranillo y Syrah, respectivamente. Ambas variedades fueron injertadas sobre un total de 21 portainjertos, que se corresponde con el factor evaluado en este TFG. Doce de los 21 portainjertos son portainjertos comerciales, autorizados para su plantación en España, y 9 experimentales, indicándose a continuación su denominación.

- Portainjertos comerciales: 101-14, 1103P, 110R, 140Ru, 161-49C, 3309C, 41B, 420A, 99R, Fercal, Gravesac, SO4.
- Portainjertos experimentales: RG1, RG2, RG3, RG4, RG6, RG7, RG8, RG9, RG10.

Los portainjertos experimentales fueron obtenidos por el cruce de 110R  $\times$  41B, excepto el RG1, el cual es híbrido de SO4  $\times$  41B. La plantación de la viña se llevó a cabo siguiendo un ensayo de bloques al azar con tres repeticiones (parcela elemental de 10 cepas) por portainjerto. El diseño del ensayo y la distribución de las repeticiones se puede observar en el Anexo I, Figura A1. Las cepas están conducidas en espaldera a cordón royat simple con un marco de plantación de 3.00 $\times$ 1.00 m. Las cepas tienen una carga de 5 pulgares podados a 2 yemas y poseen riego por goteo.

#### 3.2. Material instrumental

El material instrumental empleado en el ensayo fue:

- Mediciones: calibre digital, estadillos, cubos y balanza.
- Recogida de muestras: bolsas, etiquetas y cámara frigorífica.
- Análisis de muestras: materiales utilizados por la empresa Excell ibérica para realizar los análisis pertinentes, tales como, espectrofotómetro, pHímetro, refractómetro, etc.

#### 3.3. Métodos

La evaluación de la aptitud agronómica de los portainjertos incluyó un seguimiento de la fenología, parámetros de crecimiento, producción y composición de la uva en vendimia.

##### 3.3.1. Efecto del portainjerto sobre la fenología

Para la caracterización fenológica se realizó un seguimiento durante la brotación y otro durante el envero. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- **Estados descritos:**
  - En el caso de Tempranillo se pudo determinar el parámetro “Fecha de alcance del estado C (punta verde)” y en el caso de Syrah el parámetro “Fecha de alcance del estado D (hojas incipientes)”.
  - Por otra parte, para ambas variedades se determinaron los siguientes parámetros referentes al envero:
    - “Fecha de alcance del 10% de envero” (10% En).
    - “Fecha de alcance del 50% de envero” (50% En).
    - “Fecha de alcance del 90% de envero” (90% En).
    - “Nº de días entre el 10% y el 90% de envero” (10%-90%).
- **Fechas de seguimiento:**
  - Brotación: 23, 30 de marzo y 5 de abril.
  - Envero: 17, 20, 24 27, 31 de julio y 3 de agosto.
- **Protocolo de seguimiento:**
  - Brotación: se anotaba el estado de cada una de las yemas de la tercera planta de cada repetición, siguiendo los estados propuestos por Baggiolini (1952) y que se muestran en el Anexo II, Figura A2.
  - Envero: se anotaba el % de envero de cada uno de los 4 racimos de los 2 pámpanos del segundo pulgar de las plantas 3ª y 7ª de cada repetición.

A cada uno de los estados fenológicos se le asignó un valor numérico (Marín, 2015) al objeto de poder realizar cálculos con dichos valores (Tabla 1). De esta forma, para cada día de observación se consideraba como estado fenológico de cada cepa la media de los valores asignados a las yemas en el caso de la brotación, o a los racimos en el caso del envero.

**Tabla 1.** Valores asignados a cada estado fenológico de Baggiolini (1952) según Marín (2015).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Para la determinación de la fecha en la que cada repetición alcanzó un estado fenológico determinado se procedió inicialmente a estimar el “avance diario” entre dos fechas de observación consecutivas, estimado como la diferencia entre el valor asignado al estado fenológico de una observación respecto al valor de la observación anterior, dividido por el número de días transcurridos entre ambas fechas de observación (Marín, 2015). Así se obtuvo directamente la fecha de alcance de brotación para cada repetición y, en el caso del envero, se tuvo que calcular el promedio del valor obtenido para las dos plantas observadas en cada repetición.

Una vez obtenida la fecha de alcance de cada estado para cada repetición, se calculó el promedio de las 3 repeticiones para obtener la fecha de alcance de cada estado para cada portainjerto. Los resultados finales se han expresado mediante el desfase de días de cada

portainjerto respecto al 110R, ya que se trata del portainjerto más difundido actualmente en España (Chomé, 2006).

### 3.3.2. Efecto del portainjerto sobre el crecimiento vegetativo

**Sección de tronco (ST):** con la ayuda de un calibre digital se hicieron 2 mediciones del diámetro del tronco para cada cepa a una altura de unos 40 cm. Dado que los troncos de la vid no son exactamente circulares se tomaron dos diámetros en diferentes posiciones de modo que con el diámetro medio se calculó la sección circular del tronco. Una vez calculada la sección de tronco para cada cepa, se calculó la sección media de cada repetición y finalmente la sección media de cada portainjerto como promedio de las 3 repeticiones.

**Suma de sección de pámpanos (SSP):** con el calibre digital se midió el diámetro de los pámpanos de todos los pulgares de todas las cepas, ignorando los chupones brotados fuera de los pulgares. Se realizó una medida por pámpano en la mitad del segundo entrenudo. Para calcular la Suma total de Sección de Pámpanos (SSP) se calculó la sección circular de todos los pámpanos medidos y, para cada cepa, se sumó la sección de todos sus pámpanos. Por último, se calculó el valor medio de cada portainjerto como promedio de las 3 repeticiones.

**Número de pámpanos (nPam):** se estableció contando el número de pámpanos que habían sido medidos para la Suma de Sección de Pámpanos. El número de pámpanos de cada portainjerto se obtuvo calculando el promedio de las 3 repeticiones.

### 3.3.3. Efecto del portainjerto sobre la producción

**Número de racimos (nRac):** se obtuvo contando en vendimia el número total de racimos por repetición para cada portainjerto. Este valor se dividió entre 10 (número de plantas por repetición) para calcular el número promedio de racimos por cepa para cada repetición. Por último, se calculó el promedio de las 3 repeticiones para obtener el número promedio de racimos para cada portainjerto.

**Rendimiento (Rdto):** se obtuvo pesando todos los racimos de cada repetición, con la ayuda de los cubos y la báscula. Este valor se dividió entre 10 para calcular el rendimiento promedio por cepa para cada repetición. Por último, se calculó el promedio de las 3 repeticiones para obtener el rendimiento por cepa de cada portainjerto.

**Peso medio de racimo (PMR):** para cada repetición se calculó dividiendo el rendimiento obtenido por el nº total de racimos. A continuación, se calculó el promedio de las 3 repeticiones para obtener el peso medio de racimo para cada portainjerto.

### 3.3.4. Efecto del portainjerto sobre la composición de las bayas

Para el análisis de la composición de la uva en vendimia se realizó un muestreo el día anterior a la misma, cogiendo una muestra de 200 bayas por repetición. Para que la muestra fuera representativa se siguió el siguiente criterio: se cogieron 10 bayas por racimo de los dos racimos del pámpano más alto del segundo pulgar de cada planta, sumando un total de 20 bayas por cepa. De las 10 bayas de cada racimo, 4 eran de la parte alta del racimo, 4 de la parte media

y 2 de la parte más baja, intentado seleccionar bayas en todas las orientaciones geográficas del racimo, para coger así bayas de todas las zonas del racimo. Se desecharon bayas pasificadas o afectadas por enfermedades criptogámicas. De esta forma, se puede admitir que la muestra tomada se ajusta al estado medio de la parcela estudiada, teniendo en cuenta la variabilidad de la uva en su distribución en la parcela (Ojeda, 1997) y la irregular maduración en el racimo y en la cepa debido a factores diversos como el portainjerto, la insolación (Macaulay & Morris, 1993), altura del racimo sobre el terreno, etc. (Loureiro et al., 2015).

Las 200 bayas de cada repetición se recogieron en bolsas correctamente nombradas con el portainjerto y la repetición correspondiente. Durante el muestreo, las bolsas se guardaron cuidadosamente en cámaras frigoríficas para conservarlas lo mejor posible hasta su traslado a los laboratorios externos de Excell Ibérica S.L., empresa que se encargó del análisis de los parámetros de maduración de uva.

#### **a) Parámetros básicos**

Se analizaron en cada muestra (repetición) los parámetros que se definen a continuación. Posteriormente, de cada parámetro se calculó el promedio de las 3 repeticiones para obtener el valor para cada portainjerto.

**Peso de baya (PB):** se pesó cada bolsa de 200 bayas por separado y se dividió ese valor entre 200 para obtener el peso promedio de baya por repetición.

**Grado alcohólico probable (GP):** La determinación se realizó por refractometría digital, siguiendo la metodología de la CEE, expuesta en el Reglamento (CEE) N° 2676/90.

**Acidez total (AT):** La determinación se realizó hasta la neutralización de los ácidos a pH = 7,0, siguiendo la metodología de la CEE, expuesta en el Reglamento (CEE) N° 2676/90. El dióxido de carbono no se incluye en la acidez total. La valoración se realizó con bureta y medidor de pH electrónico para la detección del punto final de la neutralización (pH = 7,0).

**pH:** Para su determinación se siguió la metodología de la CEE, expuesta en el Reglamento (CEE) N° 2676/90. Se utilizó un medidor de pH digital de laboratorio.

**Ácido málico (aMal):** La determinación de su contenido total se realizó por análisis enzimático. El ácido L-málico se oxida por la nicotinamida-adenina dinucleotido (NAD) en oxaloacetato, usando la enzima L-malatodeshidrogenasa (MDH) como catalizador. El equilibrio no favorece la formación de Oxaloacetato, y por consiguiente, el oxaloacetato se elimina por una enzima atrapadora. La cantidad de NADH que se forma se mide a 340 nm y se relaciona estequiométricamente con la cantidad de L-malato que se consume (Vintessential, 2008).

#### **b) Madurez fenólica**

Para realizar los análisis relacionados con la madurez fenólica de la uva, por razones de presupuesto, fue necesario unificar las muestras obtenidas en las tres repeticiones de cada portainjerto y se obtuvo un valor para cada uno de los siguientes parámetros:

**Antocianos extraíbles (Ant):** Se obtuvo mediante el método de decoloración por el sulfuroso, de Ribéreau-Gayon & Stonestreet (1965). Los iones bisulfito ( $\text{SO}_3\text{H}^-$ ) se combinan con los antocianos produciendo un compuesto incoloro. La disminución del color es proporcional a la concentración de antocianos.

**Índice DMACH (DMACH):** El índice DMACH, propuesto por Vivas et al. (1994), informa del grado de polimerización de taninos presentes en la uva mediante un aldehído específico, el p-dimetilaminocinamaldehído (DMACH), que sirve para medir el grado de condensación de las proantocianidinas, que será tanto más alto cuanto más bajo sea el índice. El índice DMACH varía normalmente entre 10 y 200 en sentido inverso a la masa molecular de los taninos y por tanto a su grado de polimerización (Fito et al., 2014).

**Índice de taninos potenciales (ITP):** Éste índice se obtuvo mediante ecuación de diferentes parámetros, como el Índice DMACH, Índice de Polifenoles Totales (IPT) y antocianos extraíbles. Éste índice informa del contenido de taninos presente en la uva, y es mayor conforme aumenta el valor del índice. Se trata de un método innovador que actualmente lo utilizan determinados laboratorios, sin ser una práctica extendida hasta el momento.

**Índice de madurez de taninos (IMT):** Se obtuvo mediante ecuación de diferentes parámetros, como el Índice DMACH, Índice de polifenoles totales (IPT) y antocianos extraíbles. Éste índice indica el grado de madurez de los taninos, siendo mayor dicha madurez conforme aumenta el valor del índice. Al igual que el Índice de Taninos Potenciales, se trata de un método reciente, utilizado por determinados laboratorios.

**Potencial organoléptico (Porg):** Se valoró mediante la cata de uva, por parte de personal especializado. La escala de valoración fue de 0 a 5.

### 3.4. Tratamiento estadístico

Los diferentes resultados obtenidos en el efecto del portainjerto sobre la fenología, el crecimiento vegetativo, producción y composición de las bayas se recopilaron en un documento Excel. Dichos resultados fueron exportados al programa RStudio, donde fueron tratados por análisis multidimensional: Análisis en Componentes Principales y Análisis Cluster. Los paquetes de RStudio empleados fueron Factominer (Husson et al., 2007), Factoextra (Kassambara & Mundt, 2017) y Devtools (Wickham & Chang, 2017).

**Análisis en Componentes Principales (ACP):** Se trata de una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, se trata de reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. El análisis de componentes principales resulta ideal en el caso de que existan altas correlaciones entre las variables, ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí (Terrádez-Gurrea, 2006). El

objetivo es conocer la relación de las variables (fenología, vigor, producción y composición de las bayas), así como comprender el comportamiento de los diferentes portainjertos ante esas variables.

**Análisis Cluster (AC):** Se trata de un conjunto de técnicas estadísticas utilizadas para clasificar a un conjunto de individuos (portainjertos) caracterizados por diferentes variables. Se trata de establecer grupos homogéneos, de modo que los individuos pertenecientes a un grupo (cluster) sean tan similares entre sí como sea posible, siendo los distintos grupos entre ellos tan disimilares como sea posible. De esta forma, se agrupan los diferentes portainjertos en función de su comportamiento agronómico, acorde a los resultados obtenidos en la campaña de 2017.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Syrah

#### 4.1.1. Efecto del portainjerto sobre la fenología

En este apartado se exponen los resultados referentes a la brotación y el envero en la variedad Syrah.

#### **Brotación**

La fecha de brotación en la variedad Syrah fue variable según el portainjerto, con hasta 6 días de diferencia entre el más temprano y el más tardío (Anexo III, Figura A3). La mayoría de los portainjertos adelantaron la brotación respecto a 110R. Entre los portainjertos que mayor precocidad presentaron están el 1103P, 99R y RG3, con cuatro días de antelación a 110R. Con 3 días de antelación brotaron el 101-14, 140Ru y 420A, mientras que con dos días de antelación lo hicieron el Fercal, RG1 y RG2. Los portainjertos más tardíos fueron el 161-49C, 41B, Gravesac, RG6 y RG9, con un día de desfase, y el SO4, con dos días.

Tal y como afirman diferentes autores, existen diferencias de unos días en las fechas de brotación (Di Filippo, 2008; Larrea Redondo, 1981; Loureiro et al., 2015), si bien las diferencias son más notorias en la maduración (Anderson et al., 2005; Chomé, 2006; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Loureiro et al., 2015). Pocos autores hacen referencia a la influencia exacta del portainjerto en el efecto de la brotación. Cristóbal (2011), tan solo afirma la gran precocidad en la brotación de 1103P, mientras que Reynier (2002) cita que 41B retrasa la brotación. Ambas afirmaciones coinciden con los resultados obtenidos en el presente ensayo. En cuanto a diferentes ensayos, pocos autores analizaron el efecto del portainjerto sobre la fenología. Di Filippo (2008), en su evaluación con Malbec, afirma que no existieron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, en el ensayo de Loureiro et al. (2015), si bien la variedad Carrasquín no presentó diferencias en la fecha brotación, en las variedades Albarín Tinto y Albarín Blanco sí que existieron diferencias. En estas dos variedades, los portainjertos 101-14 y 3309C adelantaron la brotación respecto a 110R, al igual que en el ensayo objeto de estudio.

#### **Envero**

El efecto del portainjerto en la fecha del envero en la variedad Syrah, y su efecto en el desarrollo del mismo queda en evidencia en la Anexo III, Figura A4.

- 10% de envero: la mayoría de los portainjertos igualaron o retrasaron el inicio del envero respecto a 110R. El portainjerto que alcanzó la mayor precocidad en el inicio de envero fue el 101-14, adelantando un día el envero respecto a 110R. Los portainjertos que llegaron al 10% del envero el mismo día que el 110R fueron numerosos: 1103P, 140Ru, 420A y SO4 entre los comerciales, y RG1, RG2, RG4, RG7 y RG8 entre los experimentales. Los portainjertos que retrasaron un día el inicio del envero fueron 3309C, 41B, 99R, Fercal, Gravesac, RG2, RG3, RG6 y RG9. Por último, los que más retrasaron el inicio del envero fueron el 161-49C y RG10, con dos días de retraso.
- 50% de envero: todos los portainjertos fueron más tardíos que 110R en alcanzar el 50% del envero. Los portainjertos que llegaron al 50% del envero un día más tarde que el 110R fueron: 101-14, 140Ru, Gravesac, SO4 y solo RG8 entre los experimentales. Los portainjertos que retrasaron dos

días la mitad del envero fueron 3309C, 420A RG1, RG3, RG4 y RG7. Por último, los que más retrasaron la mitad del envero, con 3 días, fueron el 161-49C, 41B, 99R, Fercal, RG2, RG6, RG9 y RG10.

- 90% de envero: la mayoría de los portainjertos retrasaron el final del envero respecto a 110R. Los portainjertos que antes llegaron al 90% del envero fueron el 140Ru y SO4, con un día de antelación respecto a 110R. Entre los que llegaron al 90% del envero el mismo día que el 110R estuvieron los portainjertos: 1103P y RG3. Gran parte de los portainjertos presentaron un retraso en la fase final del envero. Con un día de retraso lo hicieron: 101-14, 3309C, 420A, Fercal y Gravesac, y buena parte de los experimentales, como RG4, RG6, RG7, RG8, RG9 y RG10. Por último, los portainjertos que mayor retraso presentaron en la fecha del 90% de envero fueron el 161-49C, 41B, 99R, RG1 y RG2.
- La duración del envero (“Estado fenológico M”), establecido mediante el número de días transcurridos desde el 10% del envero hasta el 90% del envero, evidencia diferencias entre los diferentes portainjertos. La referencia del número de días transcurridos en el envero la establece el portainjerto 110R, con 9 días de duración. Diferentes portainjertos comerciales y experimentales mostraron mayor precocidad que 110R en éste apartado. El portainjerto experimental RG3 fue el más precoz con 1.67 días de antelación, seguido por 140Ru, SO4, RG9 y RG10 con 0.67 días de antelación. Con una duración idéntica a 110R estuvieron los portainjertos 1103P, 161-49C, Fercal y RG6, y con valores similares (0.33 o 0.67 días de retraso) el 3309C, Gravesac, 41B, RG2, RG4 y RG8. Tan solo 4 portainjertos aumentaron en un día la duración del envero respecto a 110R, con un día de retraso en el caso de 420A, 99R y RG7, y 1.33 días en el caso de 101-14.

Diversos autores, evidencian el efecto del portainjerto sobre la fenología de la vinífera (Anderson et al., 2005; Chomé, 2006; Di Filippo, 2008; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Loureiro et al., 2015), aunque estos autores no hacen referencia al efecto del portainjerto en el adelanto o retraso del envero. No obstante, la influencia del portainjerto en el adelanto o retraso del envero queda reflejado en diferentes ensayos. Loureiro et al. (2015), en su ensayo con las variedades Albarín Tinto, Carrasquín y Verdejo Tinto observaron el adelantamiento en la fecha de inicio de envero de 101-14 respecto a 110R, al igual que en el presente ensayo, de la misma manera que 101-14 y 3309C tardaron más tiempo en completar el envero.

#### 4.1.2. Efecto del portainjerto sobre el crecimiento vegetativo

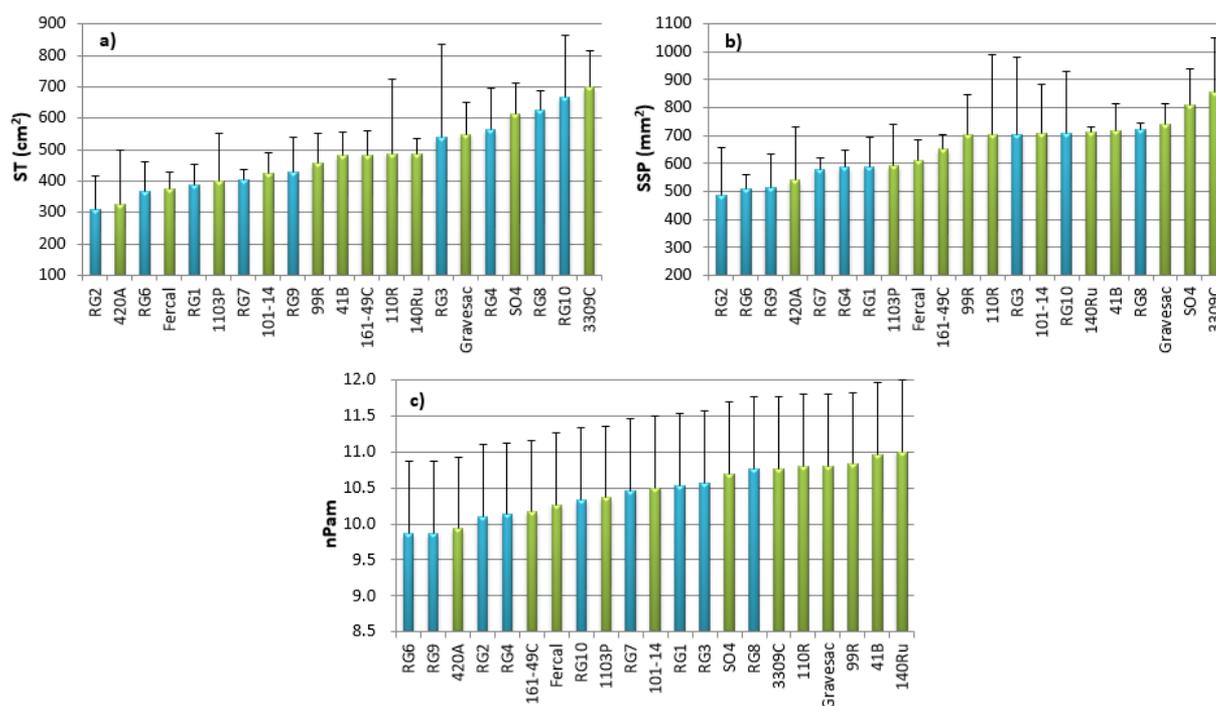
Las diferentes variables referentes al crecimiento vegetativo en la variedad Syrah se exponen a continuación.

##### **Sección de tronco**

La sección de tronco (ST) mostró diferencias importantes entre los diferentes portainjertos, con valores entre los 311 y los 700 cm<sup>2</sup> de sección, evidenciando así la influencia del portainjerto en el vigor inducido a la planta (Figura 3a). El portainjerto 3309C fue el que mayor ST produjo en la variedad Syrah, con casi 700 cm<sup>2</sup> de sección media, seguido de cerca por los portainjertos experimentales RG10 y RG9, con 665 y 627 cm<sup>2</sup>, respectivamente. El RG3 y RG4 estuvieron entre los 7 portainjertos con mayor ST, con valores cercanos a 550 cm<sup>2</sup>. Entre los portainjertos menos vigorosos destacó la presencia de algunos

portainjertos de la serie RG, siendo RG2 el que menor sección de tronco produjo ( $311 \text{ cm}^2$ ), seguido de cerca por 420A, RG6, Fercal, y RG1.

**Figura 3.** Resultados obtenidos para los parámetros de crecimiento para cada portainjerto estudiado en la variedad Syrah: a) Sección de Tronco (ST,  $\text{cm}^2$ ), b) Suma de Sección de Pámpanos (SSP,  $\text{mm}^2$ ) y c) Número de Pámpanos (nPam). (Columnas verdes = portainjertos comerciales. Columnas azules = portainjertos experimentales). (Las barras indican, para cada portainjerto, el valor de la desviación estándar).



### Suma de sección de pámpanos

En la Figura 3b se presentan los resultados para el parámetro Suma de sección de pámpanos (SSP), con valores entre los 500 y los  $850 \text{ mm}^2$  de sección. Los portainjertos con mayor SSP fueron los comerciales 3309C, SO4 y Gravesac, con valores de  $855$  a  $740 \text{ mm}^2$ . Los portainjertos experimentales que presentaron valores mayores fueron el RG8, RG10 y RG3, todos ellos con valores de entre  $720$  y  $704 \text{ mm}^2$ , y acompañados por diversos portainjertos comerciales como 41B, 110R o 140Ru. Entre los portainjertos con menor SSP destacó la serie RG, donde 6 de los 7 portainjertos con menor valor pertenecieron a dicha serie. Estos fueron el RG2, RG6, RG9, RG7, RG4 y RG1, con valores desde  $484$  a  $588 \text{ mm}^2$ , acompañados por el comercial 420A.

### Nº de pámpanos

La variable Número de pámpanos (nPam) también mostró diferencias entre los distintos portainjertos (Figura 3c). Los portainjertos que presentaron mayor nPam fueron los comerciales 140Ru y 41B, con 11 pámpanos por cepa, seguidos de cerca por 99R, Gravesac, 110R y 3309C, con valores próximos a 10.8 pámpanos. Los portainjertos experimentales presentaron, en general, menor número de pámpanos que los comerciales, siendo el RG8 el mayor de ellos con 10.77 pámpanos, seguido por RG3 y RG1 con alrededor de 10.55 pámpanos. Entre los portainjertos con menor nPam estuvieron los experimentales RG6, RG9, RG2 y RG4 con valores de 9.86 a 10.13 pámpanos. El portainjerto comercial con menos pámpanos fue el 420A, con 9.93 pámpanos por cepa.

Según Pouget (1987), el vigor inducido por el portainjerto a la planta injertada depende del vigor propio del portainjerto y de su adaptación a las condiciones del suelo. Como muestra la Figura 3, 3309C, SO4 y Gravesac fueron los portainjertos comerciales que mayor vigor presentaron en términos de ST y SSP, a pesar de ser considerados de un vigor moderado en la bibliografía (Anderson et al., 2005; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Reynier, 2002). El sistema de riego presente en la viña experimental evita la sequía, la cual limita el desarrollo de estos 3 portainjertos, ya que son considerados de tolerancia media a suelos con sequía (Reynier, 2002).

Así, son diversos los ensayos en los que estos portainjertos produjeron igualmente mayor vigor que otras variedades en un principio más vigorosas. En un ensayo de cv. Chardonnay y cv. Tempranillo, las plantas injertadas sobre SO4 presentaron el mayor vigor, equiparable a 110R y 140Ru (Colldecarrera et al., 1997). Según Wolpert (2000), en un ensayo de Cabernet Sauvignon, el portainjerto 3309C fue el que mayor peso de poda obtuvo, por delante de 110R, 5C y O39-16. En otro ensayo de campo de cv. Fernão Pires sobre tres portainjertos, 3309 C obtuvo mayor rendimiento y mayor peso de poda que 101-14 y 164-49 C (Andrade et al., 2005). Por último, en el ensayo de Yuste et al. (2017) con Sauvignon Blanc, Gravesac fue el segundo portainjerto con mayor peso de poda, por delante de portainjertos como 110R, 41B, 161-49C, 101-14 y 420A.

Por otro lado, los portainjertos comerciales que presentaron menor vigor en el presente ensayo fueron el 420A, Fercal y 1103P. Tanto 420A como Fercal son considerados de vigor moderado según diferentes autores (Anderson et al., 2005; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Reynier, 2002). Así, en un ensayo de la variedad Sagraone (Leão et al., 2011), el portainjerto 420A obtuvo el menor peso de poda frente a otros portainjertos como SO4, 1103P y Harmony. En el ensayo de Agut et al. (2005) con Syrah, el Fercal obtuvo un valor bajo, por debajo de portainjertos como 3309C, Gravesac y 140Ru. Por el contrario, 1103P es considerado como muy vigoroso o vigoroso por diversos autores (Anderson et al., 2005; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Reynier, 2002). Según Viveros Barber (2014) su injerto con Syrah da buenos resultados en Francia, de hecho en el ensayo de Agut et al. (2005), el 1103P en la variedad Syrah fue el más vigoroso de todos los portainjertos, entre los que estaban el 110R, 140Ru, 41B, Rupestris de Lot, etc. Por último, en un ensayo de Morris et al. (2005) el 1103P también presentó mayor peso de poda que 3309C y planta franca con la variedad Sunbelt.

#### 4.1.3. Efecto del portainjerto sobre la producción

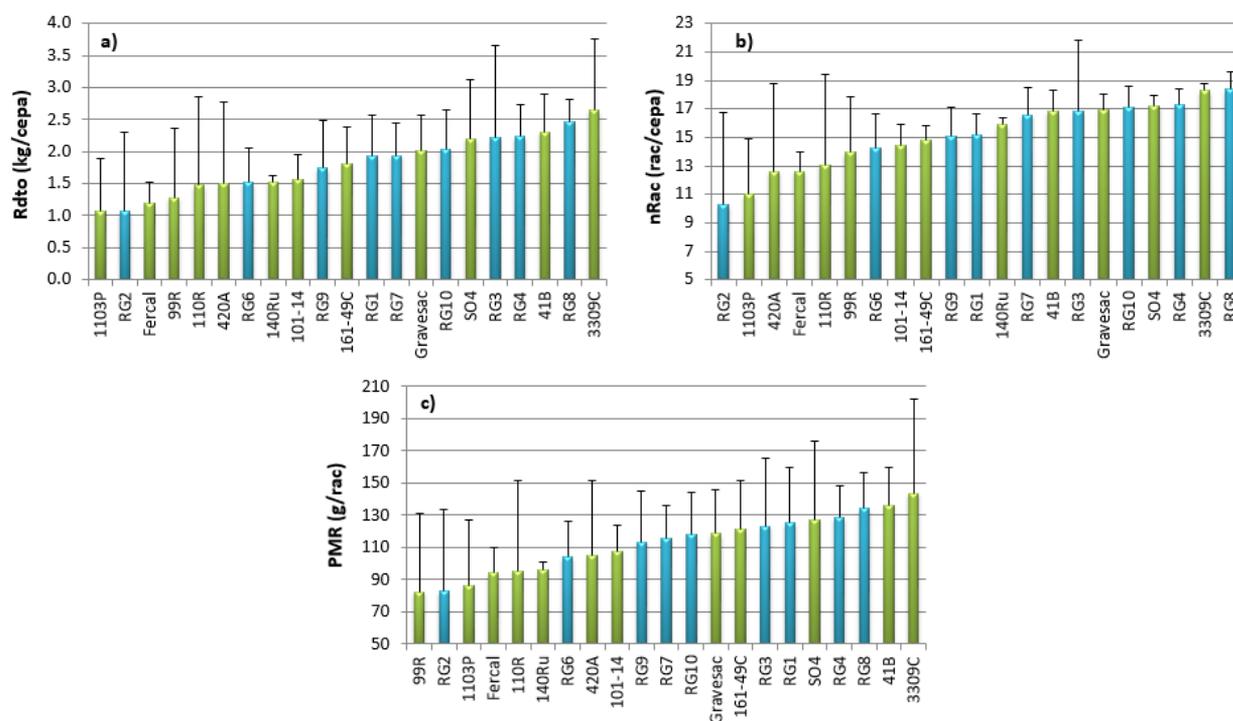
En el siguiente apartado se exponen los datos de producción de cada portainjerto obtenidos en la variedad Syrah.

#### **Rendimiento**

En la Figura 4a se representa el Rendimiento (Rdto) obtenido para la variedad Syrah sobre los diferentes portainjertos, observando valores muy variables, desde 1 kg/cepa hasta valores superiores a 2,5 kg/cepa. Las cepas que obtuvieron mayor producción fueron las injertadas en 3309C y 41B entre las comerciales, con 2.63 y 2.3 kg/cepa, respectivamente, y las injertadas en RG8, RG4 y RG3 entre las variedades experimentales, con entre 2.47 y 2.21 kg/cepa. El portainjerto 1103P fue el que obtuvo un menor rendimiento, seguido de RG2, Fercal y 99R, todos ellos entre 1.06 y 1.28 kg/cepa.

El vigor del portainjerto, junto con el de la variedad determina el vigor de la planta, por lo que este factor influye directamente en la producción (Martínez & Carreño, 1991). Reynier (2002) menciona que el portainjerto 3309C es de vigor medio, al igual que Anderson et al. (2005), aunque éste último apunta a ensayos de diferentes variedades con rendimientos de 3309C superiores a un portainjerto tan vigoroso como el 1103P, por ejemplo.

**Figura 4.** Resultados obtenidos para los parámetros de producción para cada portainjerto estudiado en la variedad Syrah: a) Rendimiento por cepa (Rdto, kg/cepa), b) N° de racimos por cepa (nRac) y c) Peso medio por racimo (PMR, g/rac) (Columnas verdes = portainjertos comerciales. Columnas azules = portainjertos experimentales). (Las barras indican, para cada portainjerto, el valor de la desviación estándar).



Existe concordancia de diversos estudios con los resultados obtenidos en el presente ensayo. Agut et al. (2005), evaluaron la variedad Syrah en 12 portainjertos diferentes, y en éste ensayo el portainjerto 3309C también fue el que mayor rendimiento presentó con 4.29 kg/cepa. Por el contrario, 41B fue el segundo que menor rendimiento obtuvo, con 3.6 kg/cepa, mientras que el 1103P y Fercal obtuvieron unos de los valores más bajos, con rendimientos de 3,67 kg/cepa.

Cristóbal (2011), estudió el efecto de 5 portainjertos sobre la variedad Syrah, siendo el más productivo el SO4 y el menos productivo el 420A. Yuste & Albuquerque (2013) realizaron un ensayo de Tempranillo sobre un total de 10 portainjertos, resultando el 41B el más productivo de todos, y 420A como uno de los menos productivos, resultados muy similares al estudio de Albuquerque et al.(2010) con la variedad Tempranillo.

También se realizó una evaluación de portainjertos (SO4, 110 R y 1103 P) con la variedad Cabernet Sauvignon, en Luján de cuyo, Argentina, resultando SO4 el portainjerto más productivo (Rodríguez et al., 1998). En la misma región, un estudio de Cabernet Sauvignon de Di Filippo (2008) colocó a SO4 como a uno de los más productivos, por delante de 140Ru, 3309C, Harmony y vides francas.

Yuste et al. (2017) injertaron la variedad Sauvignon Blanc en diferentes portainjertos y el 41B fue el segundo con mayor rendimiento, con un valor de 2.11 kg/cepa, mientras que el Fercal tuvo resultados medios, con un valor de 1.81 kg/cepa.

### **Número de racimos**

En la Figura 4b se presenta el Número de racimos por cepa (nRac) de los diferentes portainjertos. La fertilidad, mostrada a través del número de racimos por cepa (Yuste et al., 2017), evidencia nuevamente la influencia de los portainjertos sobre la variedad. 3309C, SO4, Gravesac y 41B son los portainjertos comerciales que mayor fertilidad tuvieron, con valores similares a los portainjertos RG8, RG4, RG10, RG3 y RG7, rondando todos ellos entre los 18.4 y 16.6 racimos por cepa. Por el contrario RG2, 1103P, 420A, Fercal y 110R fueron los portainjertos que menos fertilidad indujeron con entre 10.3 y 13.1 racimos por cepa.

Hidalgo & Hidalgo (2011) mencionan que el número de racimos por planta tiene su origen y desarrollo inicial dentro de la yema fértil. La fertilidad difiere entre variedades y está influenciada por el vigor del sarmiento y del portainjerto. Según Reynier (2002), el portainjerto 3309C induce un vigor más próximo a su predecesor *V. rupestris* que a *V. riparia*, de ahí su elevada fertilidad. La fertilidad de SO4, también es elevada (Cordeau, 2002). Por el contrario, 110R y 1103P, aun siendo de elevada fertilidad (Cordeau, 2002), no produjeron un elevado número de racimos en el presente ensayo, debido probablemente a que su crecimiento en el año 2017 no fue elevado.

Los resultados obtenidos en Miranda de Arga con la variedad Syrah fueron similares a los obtenidos por Agut et al. (2005) con la misma variedad. En dicho ensayo, el 3309C fue el que mayor fertilidad obtuvo con 20.7 racimos por cepa, seguido de cerca por SO4 y Gravesac con 20 y 19.5 respectivamente. El portainjerto 110R también fue uno de los menos fértiles, mientras que 1103P y Fercal tuvieron valores intermedios. En el ensayo con la variedad Tempranillo de Yuste & Albuquerque (2013) los portainjertos 3309C y 41B también fueron dos de los que más racimos presentaron por cepa. No obstante, en estos ensayos citados, no coinciden los portainjertos menos fértiles con los resultados obtenidos en el presente ensayo: Tanto 1103P, como Fercal y 110R lograron valores medios o altos. En el caso de 420A existen ensayos con coincidencia. En un ensayo con la variedad Sagraone, Leão et al. (2011) afirman que 420A fue el portainjerto menos fértil, comparado con otros como 1103P, SO4 y Harmony. Cristóbal (2011) también tuvo a 420A como el portainjerto menos fértil, en éste caso en un ensayo con la variedad Syrah evaluado con 5 portainjertos diferentes como 1103P, SO4, 101-14 y Lenoir.

### **Peso medio de racimo**

En la Figura 4c se refleja el Peso medio por racimo (PMR) obtenido con los diferentes portainjertos. Los portainjertos comerciales 3309C y 41B fueron los portainjertos que mayor peso otorgaron a cada racimo, entre 143 y 136 g/racimo, seguidos muy de cerca por los portainjertos experimentales RG4, RG8, RG1 y RG3, con entre 134 y 123 g/racimo. En cuanto a los racimos de menor peso, pertenecieron a los portainjertos 99R, RG2, 1103P, Fercal, 110R y 140 Ru, con entre 82 y 96 g/racimo.

Los resultados de Agut et al. (2005) con la variedad Syrah son bastante similares en cuanto a los portainjertos que mayor peso de racimo presentaron, y muy similares en cuanto a los portainjertos que menor peso de racimo alcanzaron. De esta forma, el 3309C y SO4 fueron dos de los portainjertos que mayor

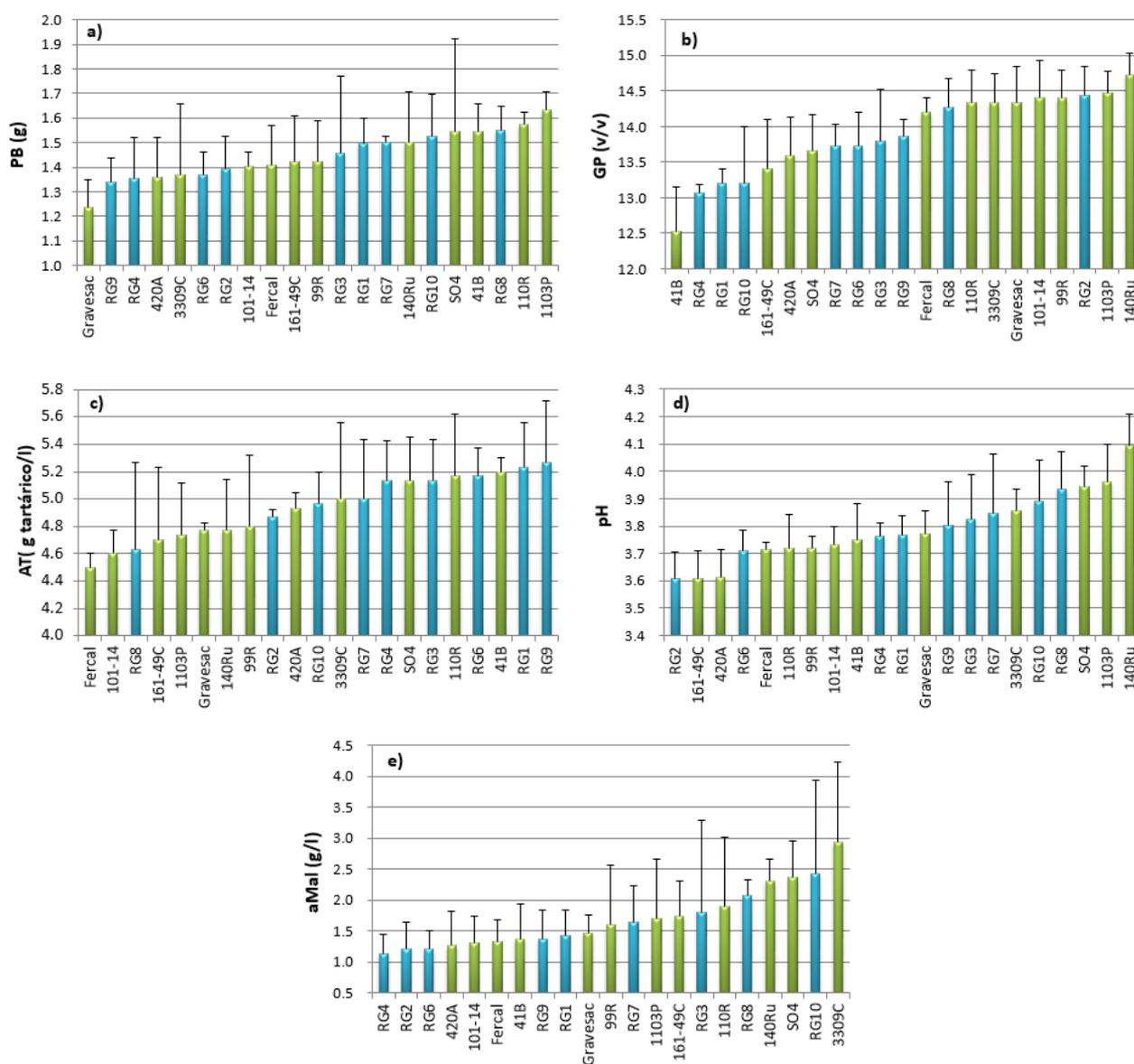
peso de racimo presentaron, mientras que 41B tuvo racimos de peso medio. Por otro lado, el 1103P, Fercal y 140Ru obtuvieron los valores más bajos. El 1103P también obtuvo el peso de racimo más bajo en el ensayo de Cristóbal (2011) con 5 portainjertos sobre Syrah. Los resultados de Yuste et al. (2017) con la variedad Sauvignon Blanc también situó a 3309C y 41B como dos de los portainjertos con los racimos más pesados, mientras que Fercal obtuvo un valor bajo de peso de racimo.

#### 4.1.4. Efecto del portainjerto sobre la composición de las bayas

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para las muestras recogidas durante la vendimia, tanto de parámetros básicos de composición de baya como de parámetros de madurez fenólica.

##### a) Parámetros básicos

**Figura 5.** Resultados obtenidos para los parámetros básicos de composición de baya en vendimia para cada portainjerto estudiado en la variedad Syrah: a) Peso de baya (PB, g), b) Grado alcohólico probable (GP, % (v/v)), c) Acidez total (AT, g tartárico/l), d) pH y e) Ácido málico (aMal, g/l) (Columnas verdes = portainjertos comerciales. Columnas azules = portainjertos experimentales). (Las barras indican, para cada portainjerto, el valor de la desviación estándar).



### **Peso de baya**

La diferencia en el Peso de baya (PB) estuvo notablemente influenciado por el portainjerto, tal y como se aprecia en la Figura 5a. El PB más elevado lo indujo el portainjerto 1103P, con un valor de 1.63 g, seguido de cerca por otros portainjertos comerciales como 110R, 41B, SO4 y 140Ru, todos ellos dentro de un margen de 1.57 a 1.5 g por baya. Los portainjertos experimentales con mayor PB fueron el RG8, RG10, RG7 y RG1 con valores de 1.55 a 1.5 g por baya. Por el contrario, el portainjerto que menor PB obtuvo fue Gravesac con 1.24 g, seguido por otros portainjertos como los experimentales RG9, RG4 y RG6, y los comerciales 420A y 3309C, todos ellos con valores similares de 1.34 a 1.37 g por baya.

Reynier (1995) mantiene que el volumen o tamaño final de la baya depende entre otros factores, de la variedad, portainjerto, y cantidad de uva presente en la planta.

Existen coincidencias entre los resultados obtenidos en Miranda de Arga y diferentes ensayos con portainjertos. Los portainjertos 1103P y 110R obtuvieron valores muy elevados en el estudio de Agut et al. (2005), aunque 3309C y Gravesac presentaron valores intermedios. En el ensayo de Di Filippo (2008), SO4 y 1103P también tuvieron un PB muy alto. En la evaluación de Wolpert (2000) con la variedad Cabernet Sauvignon, 110R presentó el segundo PB más elevado, mientras que el 3309C registró el valor más bajo. En los ensayos de Albuquerque et al. (2010) y Yuste & Albuquerque (2013) con la variedad Tempranillo, los portainjertos 110R y 41B alcanzaron elevados PB, mientras que 3309C presentó el PB más bajo. En estos mismos ensayos Gravesac obtuvo un PB bajo comparado con el resto.

### **Grado alcohólico probable**

La concentración de azúcares resultó notablemente influenciada por el portainjerto (Figura 5b). El 140Ru fue el portainjerto que mayor Grado alcohólico probable (GP) alcanzó, con 14.73 % (v/v), mientras que el 41B estableció el mínimo con 12.53 % (v/v). Los portainjertos comerciales 140Ru, 1103P, 99R, 101-14, Gravesac, 3309C y 110R, rondando los 14.5 % (v/v), acumularon mayor GP que la mayoría de los portainjertos experimentales. Los portainjertos experimentales presentaron en general un menor GP que los comerciales, ya que únicamente el RG2 y el RG8 superaron los 14 % (v/v), estando los demás entre los 13 y 14 % (v/v).

El vigor conferido por el portainjerto es una importante propiedad fisiológica ya que determina la tasa de crecimiento de la planta, y por tanto la precocidad o retraso de la maduración de la uva, así como la calidad del producto (Madero & Madero, 2008) y la composición de la uva. En el presente ensayo, la familia de *rupestris* × *berlandieri* (140Ru, 110R, 99R, 1103P), caracterizados por portainjertos vigorosos que alargan el ciclo vegetativo (Loureiro et al., 2015), no alcanzaron un alto vigor, del mismo modo que tampoco tuvieron un alto rendimiento, por tanto la maduración de la uva y la acumulación de azúcares estuvo tan desarrollada como portainjertos de vigor moderado (Reynier, 2002) como el 101-14.

El portainjerto 41B, si bien está considerado de vigor medio (Reynier, 2002) tuvo el menor grado alcohólico probable, probablemente debido al alto vigor y rendimiento alcanzado, cosa que coincide con un ensayo de Pulko et al. (2012), con la variedad Sauvignon Blanc. El portainjerto que presentó un mayor vigor y rendimiento, el 3309C, tuvo un alto nivel de azúcar en la uva, lo que va en contra de las descripciones agronómicas de los diferentes autores, aunque existen diferentes ensayos que coinciden con éste comportamiento. Los resultados de Agut et al., (2005) se asemejan a los obtenidos en el presente ensayo.

Portainjertos como 140Ru o 101-14 fueron los que mayor graduación obtuvieron, al mismo tiempo que el 41B fue el que menor grado obtuvo. En el ensayo de Miele & Rizzon (2017) con la variedad Cabernet Sauvignon, también colocaron a 3309C, 110R, 99R, 101-14 y Gravesac entre los de mayor GP. En el ensayo de Di Filippo (2008) con la variedad Malbec el 3309C y 140 Ru también fueron los que mayor graduación obtuvieron por delante de SO4, Harmony y 1103P. En el ensayo de Yuste & Albuquerque (2013) con la variedad Tempranillo, el 3309C, Gravesac y 101-14 fueron nuevamente los que mayor grado consiguieron. En éste mismo ensayo 41B y 420A fueron dos de los portainjertos que menor GP alcanzaron. Albuquerque et al. (2010) también señalan a 41B como uno de los que menos GP tuvo en su ensayo con Tempranillo.

### **Acidez total**

La Acidez total (AT) de la uva tuvo diferencias significativas entre los diferentes portainjertos, tal y como muestra la Figura 5c. Los portainjertos experimentales RG1 y RG9 son los que mayor acidez almacenaron en la uva, con más de 6.2 g tartárico/l, mientras que el que menor acidez aportó fue el Fercal con 4.5 g tartárico/l. Sólo los portainjertos comerciales 41B, 110R, SO4 y 3309C superaron los 5 g tartárico/l, mientras que entre los portainjertos experimentales lo hicieron el RG7, RG4, RG3, RG6, RG1 y RG9, dejando en evidencia que en general los portainjertos experimentales indujeron una mayor AT en la uva. Los portainjertos que menor acidez tuvieron en la uva fueron Fercal, 101-14, 161-49C y 1103P entre los comerciales, y RG8 entre los experimentales.

Los ácidos tartárico y málico representan más del 90% de la totalidad de los ácidos y su concentración disminuye durante la maduración. La mayoría de los años se puede considerar que, durante la maduración, la concentración de ácido tartárico de la baya es relativamente constante, mientras que la disminución del ácido málico en la madurez es más acusada (Blouin & Guimberteau, 2004). El contenido del ácido tartárico depende fuertemente de la variedad y del portainjerto, entre otros factores. (Méndez, 2005).

Las similitudes de los resultados obtenidos en el presente estudio con diferentes ensayos son notorias. En el ensayo de Agut et al. (2005) con la variedad Syrah, tuvieron al portainjerto SO4 con la mayor acidez, comparados con diferentes portainjertos comerciales como 110R, 3309C, 140Ru, 141-49C, etc. En el ensayo de Albuquerque et al. (2010) sobre la variedad Tempranillo, los portainjertos 41B y 110R obtuvieron la AT más elevada, por encima de otros 7 portainjertos. Leão et al. (2011) comparó diferentes portainjertos con la variedad Sugaone y el SO4 tuvo la AT más elevada, por encima de 1103P, Harmony y 420A. Miele & Rizzon (2017) experimentaron con la variedad Cabernet Sauvignon, siendo SO4 y 110R dos de los que mayor AT inducían en la uva en un ensayo de 15 portainjertos diferentes.

Agut et al. (2005), con la variedad Syrah, tuvieron la menor AT en el portainjerto 101-14, comparados con diferentes portainjertos como 110R, 3309C, 140Ru, 141-49C, etc.. Krstic et al. (2003) concluyeron que el 101-14 en la variedad Syrah era uno de los portainjertos que menor AT producía.

En el ensayo de Miele & Rizzon (2017) con la variedad Cabernet Sauvignon, los portainjertos 101-14 y 161-49C fueron los que menor AT presentaron. Loureiro et al. (2015) también tuvo a 101-14 con la menor acidez de todos los portainjertos en las variedades Albarín Tinto y Carrasquín.

## pH

Los diferentes portainjertos repercutieron de forma diferente en el pH de la uva (Figura 5d). Los portainjertos comerciales 140Ru, 1103P y SO4 fueron los que mayor pH marcaron, con valores de entre 4.09 a 3.95. Entre los portainjertos experimentales, el RG8, RG10, RG7, RG3 y RG9 fueron los que más pH alcanzaron, con valores de entre 3.95 y 3.8. En cuanto a los pH más bajos, fueron los inducidos por los portainjertos RG2, 161-49C, 420A y RG6, con valores de 3.6 a 3.7.

Hidalgo & Hidalgo (2011) sostienen que el pH de la uva está ligado al contenido de ácido tartárico en la misma, pero también al potasio que contiene, de modo que el pH aumenta a mayor concentración de potasio. Por otra parte, el contenido de potasio es variable según la variedad y el portainjerto, siendo Syrah una variedad con bajo contenido de potasio en las bayas. El aumento de vigor y la productividad que puede conferir el portainjerto también genera un aumento de potasio en la baya (Hidalgo & Hidalgo, 2011). Si bien estos autores mantienen que 140Ru y 1103P absorben poco potasio, estos no presentaron altos valores ni en el vigor ni en la producción, pero estos mismos portainjertos fueron los que mayor pH alcanzaron. En el caso de SO4 sí existe concordancia, ya que tuvo un alto vigor y producción, obteniendo un alto pH, e Hidalgo & Hidalgo (2011) mencionan su alta capacidad de absorción de potasio. Los portainjertos 161-49C y 420A también poseen mejor capacidad de absorción de potasio (Hidalgo & Hidalgo, 2011), aunque tuvieron menor vigor y producción, siendo los portainjertos con menor pH.

En el ensayo de Di Filippo (2008) con la variedad Malbec, el portainjerto 140Ru fue el que mayor pH obtuvo, por delante de Harmony, 1103P, SO4 y vides francas. En éste mismo ensayo, el 1103P tuvo un pH medio comparado con los demás, mientras que el SO4 fue el que menor pH tuvo. En el ensayo de Yuste et al. (2017) con Sauvignon Blanc, 420A y 161-49C son dos de los portainjertos que menores pH lograron por debajo de 110R y 3309C, si bien es cierto que no existieron diferencias notorias en éste caso. Por tanto, existen coincidencias de diferentes ensayos con los resultados de pH obtenidos en el presente ensayo.

## Ácido L-málico

La concentración de ácido málico (aMal), tal y como se aprecia en la Figura 5e, fue muy variable en cada portainjerto. Los portainjertos que mayor aMal tuvieron fueron 3309C, RG10, SO4, 140Ru y RG8, con valores muy superiores al resto, de entre 2.93 y 2.07 g/l. El portainjerto 3309C obtuvo un nivel de ácido málico notablemente superior al resto, con 2.93 g/l. Los portainjertos que menor aMal alcanzaron fueron los experimentales RG4, RG2 y RG6, con valores de 1.13 y 1.2 g/l. Los portainjertos comerciales que menos aMal obtuvieron fueron 420A, 101-14, Fercal y 41B, con valores de 1.27 a 1.37 g/l.

Durante toda la maduración, se produce una reducción del ácido en función, principalmente, de la temperatura de la uva (Blouin & Guimberteau, 2004). En el caso de las cepas más vigorosas, debido al sombreado a las uvas ocasionado por una mayor vegetación, la combustión por degradación de ácido málico es menor (Hidalgo & Hidalgo, 2011). Esto podría explicar que los portainjertos 3309C, RG10, SO4, 140Ru y RG8, con elevados valores en los diferentes parámetros de desarrollo vegetativo en el presente ensayo, obtuvieran también elevados valores de aMal, y que del mismo modo, portainjertos con bajos niveles de aMal como RG2, RG4, 420A, 101-14 también alcanzaran un escaso desarrollo vegetativo.

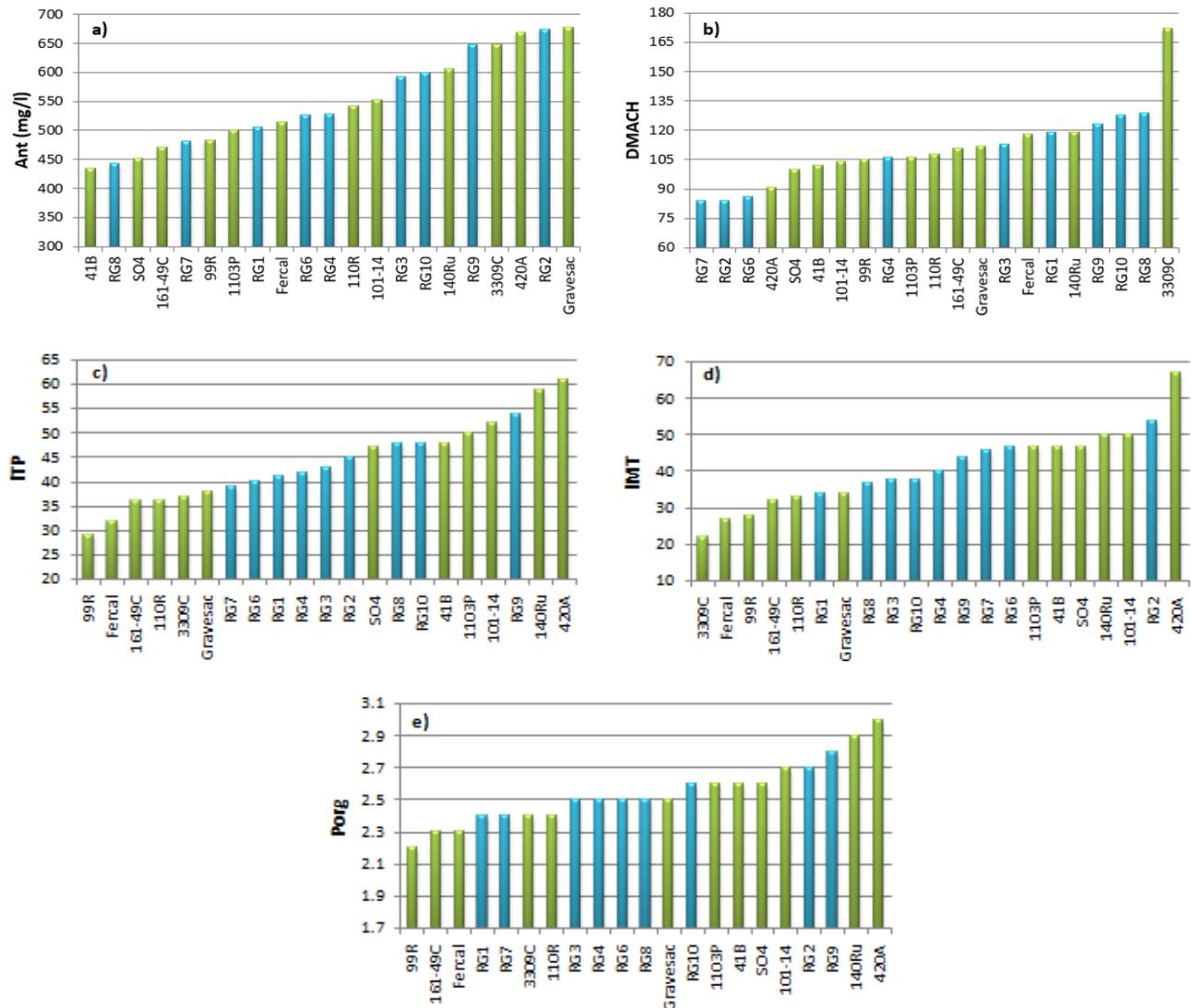
En los resultados de Loureiro et al. (2015), el portainjerto 3309C fue el segundo con mayor concentración de aMal en las variedades Albarín Tinto, Carrasquín, y Verdejo Tinto, y el mayor con la

variedad Albarín Blanco, por delante de 101-14, 196-17C y Rupestris de Lot. Pulko et al. (2012), que estudiaron Sauvignon Blanc con diferentes portainjertos, tuvieron a SO4 como a uno de los que más aMal presentó en la uva, aunque las diferencias fueron mínimas.

En el ensayo de Loureiro et al. (2015), en la variedad Verdejo Tinto, el portainjerto 101-14 fue el segundo que menor aMal presentó, comparado con otros como 110R, 3309C y 196-17C. En el estudio de Yuste et al. (2017) con Sauvignon Blanc, los portainjertos 101-14 y 41B fueron dos de los que menor aMal acumularon en la uva. Yuste & Albuquerque (2013) señalaron también a 101-14 con el mínimo contenido de aMal de todos los portainjertos en su estudio con la variedad Tempranillo. De esta forma, quedan demostradas las coincidencias de diferentes ensayos con los resultados de aMal obtenidos en el presente ensayo.

### b) Parámetros de madurez fenólica

**Figura 6.** Resultados obtenidos para los parámetros de madurez fenólica para cada portainjerto estudiado en la variedad Syrah: a) Antocianos extraíbles (Ant, mg/l), b) Índice DMACH (DMACH) c) Índice de Taninos Potenciales (ITP), d) Índice de Madurez de Taninos (IMT) y e) Potencial organoléptico (Porg). (Columnas verdes = portainjertos comerciales. Columnas azules = portainjertos experimentales).



### **Antocianos extraíbles**

La concentración de Antocianos extraíbles (Ant) en la uva de Syrah varió de 435 a 677 mg/l, lo que muestra grandes diferencias entre los portainjertos estudiados (Figura 6a). Los portainjertos que mayor concentración de Ant indujeron en la uva fueron, en éste orden, Gravesac, RG2, 420A, 3309C y RG9, todos ellos entre 677 y 648 mg/l, seguidos por el 140Ru, RG10 y RG3, rondando estos los 600 mg/l. En lado opuesto, 41B, RG8, SO4, 161-49C, RG7 y 99R, en éste orden, fueron los que menor concentración de Ant tuvieron en las bayas, con entre 435 y 483 mg/l.

### **Índice DMACH**

El índice DMACH (DMACH) reflejó diferencias considerables de un portainjerto a otro, tal y como se muestra en la Figura 6b. El portainjerto 3309C, con un valor de 172, fue con amplia diferencia el que mayor DMACH alcanzó, seguido por los portainjertos experimentales RG8, RG10 y RG9, con unos índices que variaron de 129 a 123. En el rango que va de 120 a 105 se encontraron hasta 10 portainjertos, entre ellos el RG1, RG3 y RG4. Los portainjertos que menor DMACH tuvieron fueron los experimentales RG7, RG2 y RG6, con índices de 84 a 86, quedando a continuación los comerciales 420A, SO4, 41B y 101-14, todos ellos por debajo de 104 de DMACH.

### **Índice de taninos potenciales**

En la Figura 6c se representa el Índice de taninos potenciales (ITP), con notables diferencias entre los portainjertos. Los portainjertos con mayor ITP, con valores de 61 a 50 fueron, por orden, 420A, 140Ru, RG9, 101-14 y 1103P, mientras que entre 48 y 45 estuvieron el 41B, RG10, RG8, SO4 y SO2. En posiciones intermedias se agruparon 6 de los 9 portainjertos experimentales, que fueron de 45 a 39 en el índice de taninos potenciales: RG7, RG6, RG1, RG4 y RG3. Los portainjertos con menor ITP fueron comerciales: 99R, Fercal, 161-49C, 110R, 3309C y Gravesac, con valores que variaron de 29 a 38.

### **Índice de madurez de los taninos**

El Índice de madurez de los taninos (IMT) fue muy variable en cada portainjerto (Figura 6d). El portainjerto con mayor IMT fue el 420A, con un índice de 67, seguido por el portainjerto experimental RG2, con 54, y los portainjertos comerciales 101-14, 140Ru, SO4, 41B y 1103P, con valores de 50 a 47. Al igual que en el ITP, ocurre que los portainjertos experimentales se agruparon con valores intermedios de IMT: RG6, RG7, RG9, RG4, RG10, RG3 y RG8, con valores de 47 a 37. Los portainjertos con menor IMT fueron los comerciales 3309C, Fercal, 99R y 161-49C con valores de 22 a 32.

### **Potencial organoléptico**

La figura 6e refleja el Potencial organoléptico (Porg) de la uva que presentó cada portainjerto, observándose diferencias considerables. Los portainjertos 420A y 140Ru, con un valor de 3 y 2.9 respectivamente, fueron los que mayor Porg alcanzaron, seguidos por los experimentales RG9 y RG2, con valores de 2.8 y 2.7. Los portainjertos experimentales RG3, RG4, RG6 y RG8, así como Gravesac, con una valoración de 2.5 ocuparon nuevamente posiciones intermedias en el apartado de Porg. Los portainjertos con menor Porg fueron los comerciales 99R, 161-49C y Fercal, con un valor de 2.1 a 2.3, mientras que entre los portainjertos experimentales, los de menor Porg fueron el RG1 y RG7, con una valoración de 2.4.

La evolución de los compuestos fenólicos está ligada a la síntesis y acumulación de los azúcares en el grano de la uva. Las temperaturas diurnas constantes de 17 a 26°C, unidas a noches frías, son las condiciones ideales para la formación de los compuestos fenólicos, siendo también necesario disponer de una suficiente iluminación y mejor si esta es elevada (Hidalgo & Hidalgo, 2011). Diversos autores afirman la influencia del portainjerto en la acumulación de polifenoles (Anderson et al., 2005; Cordeau, 2002; J. Hidalgo, 2006; Jackson & Lombard, 1993; Muñoz & González, 1999).

Existen ensayos en los que queda en evidencia el efecto del portainjerto en la acumulación de compuestos fenólicos. En el ensayo de Loureiro et al. (2015) con las variedades Albarín Tinto, Carrasquín y Albarín Blanco, el portainjerto 101-14 obtuvo mayor índice de polifenoles totales durante 3 años respecto a los portainjertos 110R, 196-17C y 3309C. En el ensayo de Krstic et al. (2003) con la variedad Syrah, 101-14 obtuvo mayor concentración fenólica que portainjertos como 1103P, Ramsey y 116-60. Agut et al. (2005), con la variedad Syrah, también destacaron el 101-14 como uno de los mejores en composición fenólica. En el ensayo de Albuquerque et al. (2010) sobre la variedad Tempranillo, el portainjerto 420A obtuvo valores superiores a diversos portainjertos como 3309C, 110R, Gravesac, 41B y 101-14.

No obstante en estos ensayos citados, se maneja el Índice de Polifenoles Totales (IPT). Algunos de los parámetros de madurez fenólica utilizados en el presente Trabajo Fin de Grado (IPT, IMT, DMACH) son muy recientes, utilizados por determinados laboratorios. Esto implicó que no se encontraran ensayos de portainjertos que emplearan estas variables y poder establecer comparaciones como en los apartados anteriores.

#### 4.1.5. Análisis estadístico

##### **Análisis de componentes principales**

Las 4 primeras componentes principales del ACP explicaron el 74.1% de la variabilidad (Anexo IV, Figura A5). Cada una de estas componentes representa de forma más aproximada diferentes variables:

- Componente principal 1: Variables referentes al crecimiento vegetativo (SSP, ST, nPam) y a la producción (Rdto, PMR, nRac). Por otra parte, esta componente principal está asociada al contenido de aMal y al pH.
- Componente principal 2: Parámetros de fenología (90% En, 50% En y 10% En) y madurez fenólica (ITP y Porg).
- Componente principal 3: Parámetros de composición de la baya como GP y AT.
- Componente principal 4: Ant presentes en las bayas.

El análisis de componentes principales evidenció relaciones entre los diferentes parámetros analizados en el presente Proyecto de Fin de Grado. El desarrollo vegetativo estuvo claramente ligado a la producción, de modo que los portainjertos más vigorosos (SSP, ST y nPam) presentaron las producciones más elevadas (Rdto, PMR, nRac), siendo esto una norma general aceptada en la viticultura y descrita por multitud de autores (Anderson et al., 2005; Chomé, 2006; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Martínez & Carreño, 1991; Reynier, 2012). Por otra parte, el alto contenido de ácido málico vino acompañada por el alto vigor y producción. El vigor favorece la riqueza en málico por aumentar la síntesis foliar, retrasar la madurez y

mantener la uva en un microclima más fresco (Santesteban, 2009). El Índice DMACH también estuvo condicionado por el alto crecimiento y la alta producción, viéndose perjudicada la polimerización de los taninos. El grado de polimerización de los taninos es muy variable en función de las variedades, así como de las condiciones edafoclimáticas (Blouin & Guimberteau, 2004), siendo el portainjerto un elemento clave en la adaptación edafoclimática, y por tanto influyente en la polimerización de los taninos.

La fenología se mostró independiente respecto al vigor y la producción, tratándose de una característica fisiológica propia de la variedad, e influenciada por el portainjerto (Larrea Redondo, 1981; Muñoz & González, 1999). La madurez fenólica e industrial se comportó de forma independiente al crecimiento y rendimiento, lo que va en contra de lo descrito por diferentes autores (Cordeau, 2002; Downey et al., 2003; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Jackson & Lombard, 1993; Muñoz & González, 1999). La madurez fenólica, por el contrario, estuvo estrechamente ligada a la fenología, ya que los portainjertos más tardíos en el envero (10% En, 50% En y 90% En) resultaron los que menor IPT, IMT y Porg obtuvieron en la vendimia, lo que concuerda con Cordeau (2002) e Hidalgo (2006). La concentración de antocianos tampoco se vio influenciada por el vigor, estando muy relacionada con el peso de la baya. El alto tamaño de la baya genera una reducción de la relación superficie hollejo/volumen baya, lo que reduce la concentración de antocianos (Hidalgo & Hidalgo, 2011), ya que estos se ubican principalmente en los hollejos (Blouin & Guimberteau, 2004). En cuanto al GP, fue contrario a la AT, lo que concuerda con el desarrollo corriente de la maduración de la uva, pero también fue contraria a la madurez fenólica.

### **Análisis cluster**

El AC permitió agrupar los diferentes portainjertos en función de sus similitudes agronómicas, de acuerdo a los resultados obtenidos durante la campaña de 2017. El AC de la variedad Syrah puede verse en el Anexo IV, Figura A6 y A7. Los grupos de portainjertos fueron los siguientes:

- Grupo azul (140Ru, 110R, 1103P y 101-14): Portainjertos de crecimiento y producciones medias. Mostraron un adelantamiento del ciclo vegetativo (10% En, 50% En y 90% En), de modo que la madurez fenólica estuvo más avanzada (ITP, Porg, IMT y DMACH), mientras que el pH fue alto.
- Grupo verde (41B, 161-49C, 99R, Fercal, RG1, RG4, RG7): Portainjertos de vigor y producciones medias. Mostraron un retraso del ciclo vegetativo (10% En, 50% En y 90% En), de modo que la madurez fenólica estuvo más retrasada (ITP, Porg, IMT y DMACH) y el pH y aMal fueron bajos.
- Grupo rojo (420A, RG2, RG9, RG6): Portainjertos de bajo crecimiento y producción. No influyeron claramente en el ciclo vegetativo, de modo que la madurez fenólica fue corriente en ITP, Porg e IMT, aunque adecuada en Ant y DMACH. El pH y aMal fueron bajos.
- Grupo morado (SO4, Gravesac, 3309C, RG3, RG8, RG10): Portainjertos de elevado vigor y producción. No influyeron claramente en el ciclo vegetativo. La madurez fenólica fue corriente en ITP, Porg e IMT y DMACH, y buena en cuanto a la concentración de Ant. El pH y aMal fueron elevados.

## 4.2. Tempranillo

### 4.2.1. Efecto del portainjerto sobre la fenología

A continuación se presentan los resultados asociados a la brotación y envero en la variedad Tempranillo.

#### **Brotación**

La fecha de brotación también evidenció diferencias según el portainjerto en la variedad Tempranillo (Anexo V, Figura A8), observándose una mayor tendencia a adelantar o igualar la fecha de brotación respecto al portainjerto 110R. Los portainjertos que mayor precocidad presentaron fueron el 420A, RG3, y Fercal, con 5, 4 y 3 días de antelación, respectivamente. Los portainjertos 1103P, Gravesac, RG1, RG2 y RG10 mostraron un adelantamiento de dos días, mientras que 101-14, 161-49C y 3309C se adelantaron un día. Por el contrario, los portainjertos más tardíos fueron el 41B, 99R y SO4, con un día de retraso, así como RG9 y RG8 con 2 y 3 días de retraso, respectivamente.

Las diferencias en la fecha de brotación fueron importantes, con 8 días de diferencia entre el portainjerto más precoz y el más tardío. Esto concuerda con diferentes autores que manifiestan el efecto del portainjerto en la fecha de la brotación (Di Filippo, 2008; Larrea Redondo, 1981; Loureiro et al., 2015). Sin embargo, pocos autores determinan el efecto exacto de los portainjertos en la fecha de brotación. Cristóbal (2011), afirma la gran precocidad en la brotación de 1103P, mientras que Reynier (2002) cita que 41B retrasa la brotación. Ambas afirmaciones coinciden con los resultados obtenidos en el presente ensayo.

Existen coincidencias con otros ensayos. En el ensayo de Loureiro et al. (2015) con las variedades Albarín Tinto y Albarín Blanco, los portainjertos 101-14 y 3309C mostraron un adelantamiento en la brotación, por delante de 110R. Por el contrario Di Filippo (2008), en su evaluación con Malbec, afirma que no existieron diferencias estadísticamente significativas.

#### **Envero**

El efecto del portainjerto en la fecha del envero en la variedad Tempranillo, y su efecto en el desarrollo del mismo quedó en evidencia, como puede verse en el Anexo V, Figura A9.

- 10% de envero: en general los diferentes portainjertos fueron más tardíos que 110R en alcanzar el 10% de envero. Ningún portainjerto fue más precoz que 110R en éste aspecto, coincidiendo en la misma fecha que éste los portainjertos 1103P, 99R, SO4, RG1, RG3, RG6 y RG10. Con un día de retraso a 110R brotaron una gran parte de los diferentes portainjertos: 101-14, 140Ru, 161-49C, 3309C, 41B, 420A, Fercal, Gravesac, RG2, RG4 y RG9. El más tardío fue el portainjerto experimental RG8, con dos días de retraso.
- 50% de envero: los diferentes portainjertos del ensayo presentaron resultados variables en la fecha del 50% del envero, si bien la tendencia fue adelantar o igualar la fecha respecto a 110R. Los portainjertos más precoces fueron 1103P y RG1, con 2 días de antelación. Fueron muchos los portainjertos con un día de antelación: 161-49C, 41B, 99R, RG2, RG3, RG4 y RG7. Los portainjertos que alcanzaron la mitad del envero a la par que 110R fueron numerosos: 101-14,

3309C, 420A, Fercal, Gravesac, SO4, RG6, RG8 y RG10. Los portainjertos más tardíos fueron el 140Ru y RG9, con un día de retraso.

- 90% de envero: el final del envero evidenció un retraso generalizado de los diferentes portainjertos respecto a 110R. El portainjerto más precoz en alcanzar el 90% del envero fue el propio 110R, acompañado por 101-14, 1103P, 41B, 420A, RG1, RG3 y RG8. El resto de portainjertos retrasaron el final del envero: 99R, Gravesac, SO4, RG4 y RG6 con un día de retraso. Los portainjertos 140Ru, 161-49C, 3309C, Fercal, RG7 y RG9 con dos días de retraso. El más tardío fue el portainjerto RG2, con tres días de retraso.
- La duración del envero, teniendo en cuenta el número de días transcurridos desde el 10% del envero hasta el 90% del envero, mostró diferencias entre los diferentes portainjertos. La referencia de la duración del envero la estableció el portainjerto 110R, con 10.67 días de duración. La mayoría de los portainjertos obtuvieron un número de días igual o superior a 110R. Únicamente los portainjertos 420A, 101-14 y RG8 fueron más precoces, con 0.33, 0.67 y 1.33 días menos, respectivamente. Con la misma o un día más de duración que 110R se situaron los portainjertos 1103P, 41B, 99R, Fercal, Gravesac, RG1, RG3, RG4 y RG10. Los portainjertos tardíos fueron 161-49C, SO4, RG6 y RG9 con 1.33 días de retraso, así como 140Ru con 1.67 días de retraso. Los portainjertos más tardíos fueron los experimentales RG2 y RG7 con 2.33 días de retraso respecto a 110R.

El efecto del portainjerto en el desarrollo de la fenología es un hecho aceptado en la viticultura (Anderson et al., 2005; Chomé, 2006; Di Filippo, 2008; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Loureiro et al., 2015), aunque no se especifica el efecto del portainjerto en el adelantamiento o retraso en el envero. Loureiro et al. (2015), en su ensayo con las variedades Albarín Tinto y Carrasquín, 3309C tardó más tiempo en completar el envero respecto a 110R, al igual que en el presente ensayo.

#### 4.2.2. Efecto del portainjerto sobre el crecimiento vegetativo

En este apartado se recogen los parámetros de crecimiento vegetativo obtenidos en la variedad Tempranillo.

##### **Sección de tronco**

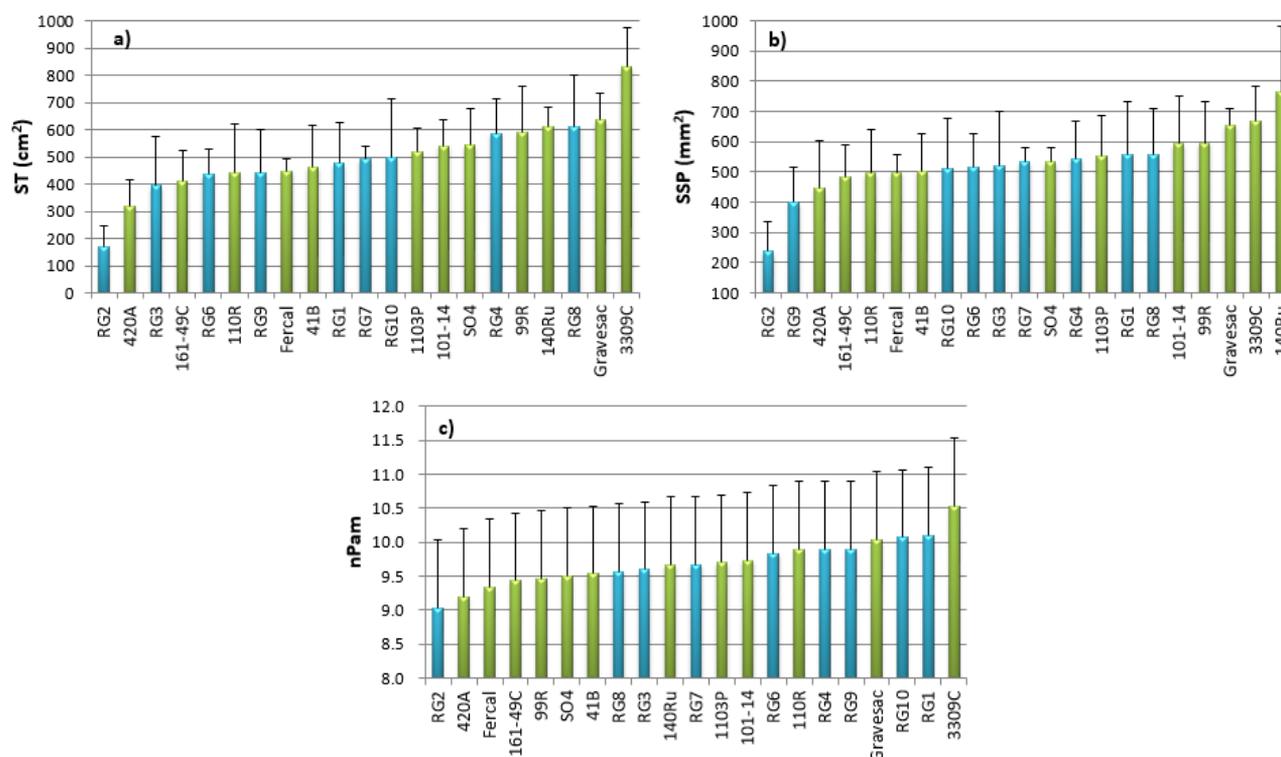
El parámetro Sección de tronco (ST) también mostró diferencias importantes entre los distintos portainjertos para la variedad Tempranillo, siendo los portainjertos comerciales 3309C y Gravesac los que mayor ST mostraron, con valores de 831 y 624 cm<sup>2</sup>, respectivamente (Figura 7a). Los portainjertos experimentales con mayor ST fueron el RG8 y RG4 con 613 y 587 cm<sup>2</sup> cada uno, valores similares a 140Ru y 99R. Con valores intermedios, de 477 a 500 cm<sup>2</sup>, estuvieron los experimentales RG7 y RG10 con una sección ligeramente superior a sus progenitores 110R y 41B. El portainjerto con menor ST fue el RG2, con una sección muy baja, de 171 cm<sup>2</sup>. Le siguieron el 420A, RG3 y 161-49C, con valores de 320 a 411 cm<sup>2</sup>.

##### **Suma de sección de pámpanos**

La Suma de sección de pámpanos (SSP) en la variedad Tempranillo también marcó diferencias notables entre los diferentes portainjertos, tal y como se puede observar en la Figura 7b. Los portainjertos con mayor SSP fueron los comerciales 140Ru, 3309C, Gravesac, 99R y 101-14, con valores que oscilaron

de 764 a 592 mm<sup>2</sup>. La mayoría de los portainjertos, incluidos gran parte de los experimentales, tuvieron una SSP similar, que varió de los 556 a 484 mm<sup>2</sup>, mientras que los portainjertos con menor suma de sección fueron los experimentales RG2 y RG9, con valores de 238 a 398 mm<sup>2</sup>. Los portainjertos comerciales con menor SSP fueron 420A, 161-49C, 110R y Fercal.

**Figura 7.** Resultados obtenidos para los parámetros de crecimiento para cada portainjerto estudiado en la variedad Tempranillo: a) Sección de Tronco (ST, cm<sup>2</sup>), b) Suma de Sección de Pámpanos (SSP, mm<sup>2</sup>) y c) Número de Pámpanos (nPam). (Columnas verdes = portainjertos comerciales. Columnas azules = portainjertos experimentales). (Las barras indican, para cada portainjerto, el valor de la desviación estándar).



### Número de pámpanos

El parámetro Número de pámpanos (nPam) no mostró tantas diferencias entre los distintos portainjertos, con valores entre los 9 y los 10.5 pámpanos por cepa (Figura 7c). El portainjerto que mayor nPam tuvo fue el 3309C, con 10.53 pámpanos, seguido de los experimentales RG1 y RG10 y del comercial Gravesac, con valores de alrededor de 10.1 pámpanos por cepa. Por el contrario, el portainjerto que menor nPam alcanzó fue el RG2, con 9 pámpanos por cepa, así como el 420A, Fercal y 161-49C, con valores de 9.2 a 9.4 pámpanos por cepa.

Como ya se ha explicado anteriormente, Según Pouget (1987) el vigor inducido por el portainjerto a la planta injertada depende del vigor propio del portainjerto y de su adaptación a las condiciones del suelo. En la variedad Tempranillo, los portainjertos comerciales más vigorosos fueron el 3309C, 140Ru, Gravesac y 99R, en cuanto a ST y SSP se refiere. Si bien diversos autores (Anderson et al., 2005; Chomé, 2006; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Reynier, 2002) califican a 140Ru como de vigor alto o muy alto, y a 99R de vigor alto, en el caso de 3309C y Gravesac son clasificados como de vigor medio (Chomé, 2006; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Reynier, 2002) o incluso bajo (Anderson et al., 2005).

No obstante, existen diferentes ensayos en los que estos portainjertos alcanzaron un mayor vigor que otros portainjertos en principio más vigorosos. En el ensayo de Loureiro et al. (2015) con la variedad Verdejo Tinto, el 3309C fue el que mayor peso de poda creó sólo por detrás de 110R, superando a portainjertos como Rupestris de Lot, 196-17C y 101-14. Según Wolpert (2000), en un ensayo de Cabernet Sauvignon, el portainjerto 3309C fue el que mayor peso de poda obtuvo, por delante de 110R, 5C y O39-16. En otro ensayo a campo de cv. Fernão Pires sobre tres portainjertos, 3309 C obtuvo mayor rendimiento y mayor peso de poda que 101-14 y 164-49 C (Andrade et al., 2005). Por último, en el ensayo de Yuste et al. (2017) con Sauvignon Blanc, Gravesac fue el segundo portainjerto con mayor peso de poda, por delante de portainjertos como 110R, 41B, 161-49C, 101-14 y 420A.

En el caso de 140Ru con la variedad Tempranillo, existen numerosos ensayos en los que el 140Ru fue el portainjerto que mayor peso de poda presentó (Albuquerque et al., 2010; Yuste & Albuquerque, 2013). Colldecarrera et al. (1997) también estudiaron las variedades Chardonnay y Tempranillo, resultando el 140Ru más vigoroso en ambos estudios.

Los portainjertos menos vigorosos en el presente ensayo, en la variedad Tempranillo, fueron el 420A, 161-49C, Fercal y 110R. Tanto 420A como 161-49C y Fercal inducen un vigor moderado según diferentes autores (Chomé, 2006; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Reynier, 2002).

En los ensayos con Tempranillo de Albuquerque et al. (2010) y Yuste & Albuquerque (2013) el portainjerto 420A también presentó valores medios en el peso de poda. En un ensayo de la variedad Sagraone (Leão et al., 2011), el portainjerto 420A nuevamente obtuvo el menor peso de poda frente a otros portainjertos como SO4, 1103P y Harmony. En el ensayo de Agut et al. (2005) con Syrah, el Fercal también obtuvo un valor bajo, por debajo de portainjertos como 3309C, Gravesac y 140Ru. En cuanto a 161-49C, en el ensayo de Yuste et al. (2017) con Sauvignon Blanc, fue el tercer portainjerto con menor peso de poda respecto a un total de 10 portainjertos.

De este modo, queda demostrada la alta coincidencia de los resultados obtenidos en Miranda de Arga con diversos ensayos de portainjertos. No obstante, en el caso del portainjerto 110R, este es calificado como de vigor alto (Anderson et al., 2005; Chomé, 2006; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Reynier, 2002). En numerosos ensayos con diferentes variedades, el 110R tuvo valores altos en el peso de poda (Albuquerque et al., 2010; Loureiro et al., 2015; Yuste & Albuquerque, 2013; Yuste et al., 2017)

#### 4.2.3. Efecto del portainjerto sobre la producción

En el siguiente apartado se presentan los resultados de producción obtenidos por los diferentes portainjertos en la variedad Tempranillo.

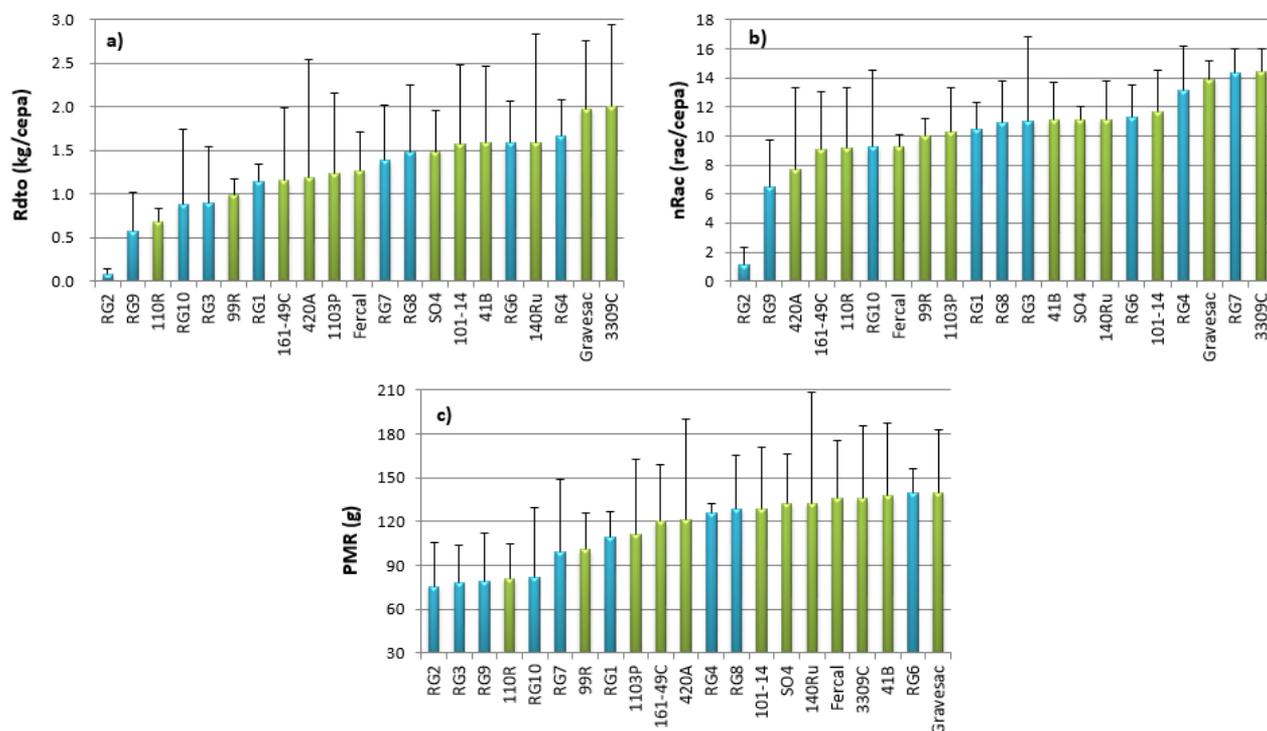
#### **Rendimiento**

En cuanto al Rendimiento (Rdto), también se observaron diferencias importantes entre los diferentes portainjertos para la variedad Tempranillo (Figura 8a). Los portainjertos comerciales 3309C y Gravesac fueron los más productivos, con aproximadamente 2 kg de uva por cepa. Los portainjertos experimentales con más Rdto fueron RG4 y RG6, con 1.66 y 1.59 kg respectivamente, con valores similares a los portainjertos comerciales 140Ru, 41B, 101-141 y SO4. Entre los portainjertos menos productivos destacaron los experimentales: RG2, RG9, RG10 y RG3, todos ellos con menos de 0.9 kg por cepa,

acompañados en este aspecto por el 110R. Los portainjertos comerciales 99R, 161-49C y 420A presentaron rendimientos medios.

Los resultados obtenidos en el Rdto del presente ensayo coinciden con numerosos estudios de evaluación del efecto de portainjertos. Alburquerque et al. (2010) realizaron un ensayo de Tempranillo sobre 10 portainjertos diferentes, donde el 140Ru y 41B resultaron los más productivos de todos, al igual que 101-14, el cual obtuvo un alto rendimiento, mientras que 420A fue poco productivo. A diferencia de los resultados obtenidos en Miranda de Arga, Alburquerque et al. (2010) señalaron al portainjerto 110R como uno de los que mayor Rdto obtuvo, mientras que el 3309C y Gravesac fueron dos de los portainjertos que menor producción lograron. Resultados similares obtuvieron Yuste & Alburquerque (2013) en un estudio posterior con la variedad Tempranillo, donde Gravesac, 3309C, y 420A fueron poco productivos, mientras que 140Ru, 41B y 101-14 presentaron rendimientos altos.

**Figura 8.** Resultados obtenidos para los parámetros de producción para cada portainjerto estudiado en la variedad Tempranillo: a) Rendimiento por cepa (Rdto, kg/cepa), b) N° de racimos por cepa (nRac) y c) Peso medio por racimo (PMR, g/rac) (Columnas verdes = portainjertos comerciales. Columnas azules = portainjertos experimentales). (Las barras indican, para cada portainjerto, el valor de la desviación estándar).



Como se ha explicado anteriormente, el vigor y producción de la planta viene determinado por el vigor de la variedad y la del portainjerto (Martínez & Carreño, 1991). Reynier (2002) menciona que el portainjerto 3309C es de vigor medio, al igual que Anderson et al. (2005), aunque éste último apunta a ensayos de diferentes variedades con rendimientos de 3309C superiores a un portainjertos tan vigorosos como el 1103P, por ejemplo.

Agut et al., (2005), evaluaron la variedad Syrah sobre 12 portainjertos diferentes, y en éste ensayo los portainjertos 3309C, Gravesac, y 140Ru también tuvieron rendimientos elevados. Por el contrario, 41B fue el segundo que menor rendimiento obtuvo. Di Filippo (2008), en un ensayo con Malbec, tuvo a 140Ru

como a uno de los más productivos, por delante de 3309C, Harmony y vides francas. Miele & Rizzon (2017), en su ensayo de Cabernet Sauvignon sobre 15 portainjertos, tuvieron a Gravesac como el segundo más productivo, y a 420A como a uno de los menos productivos.

Cristóbal (2011), estudió el efecto de 5 portainjertos sobre la variedad Syrah, siendo el menos productivo el 420A, al igual que en el ensayo de Leão et al. (2011). Yuste et al. (2017) injertaron la variedad Sauvignon Blanc en diferentes portainjertos y el 161-49C tuvo un bajo Rdto. En el estudio de López (2013), el 99R también fue uno de los que menor Rdto obtuvo en la variedad Cabernet Sauvignon, aunque con diferencias mínimas respecto a otros 4 portainjertos.

Como puede verse, existen diferentes ensayos con resultados similares a los obtenidos en el presente ensayo.

### **Número de racimos**

Respecto al Número de racimos (nRac), también se observaron notables diferencias entre los distintos portainjertos, tal y como puede verse en la Figura 8b. Los portainjertos 3309C, RG7, Gravesac y RG4, en ese orden, fueron los que mayor fertilidad indujeron en la planta, con entre 14.4 y 13.2 racimos por planta. Existe un amplio número de portainjertos que oscilaron en un rango de 11.6 a 10.4 nRac, entre ellos los portainjertos experimentales RG1, RG8, RG3 y RG6, así como los comerciales 41B, SO4, 140Ru y 101-14. Entre los portainjertos que menor fertilidad tuvieron, estuvieron los experimentales RG2, RG9 y los comerciales 420A, 161-49C y 110R, todos ellos con menos de 9.2 racimos por cepa.

Al igual que el vigor y rendimiento vienen condicionadas por el vigor del sarmiento y del portainjerto, la fertilidad también lo está por ambos factores (Hidalgo & Hidalgo, 2011). Si bien en el presente ensayo han existido diferencias de los resultados de fertilidad con las descripciones agronómicas de los diferentes portainjertos, numerosos ensayos muestran resultados similares en fertilidad a los obtenidos en Miranda de Arga. Los resultados de fertilidad obtenidos en el presente ensayo se asemejan en parte al ensayo de Tempranillo de Albuquerque et al. (2010). En dicho estudio, 3309C y 140Ru fueron los que mayor nRac tuvieron por sarmiento, mientras que Gravesac, 101-14 y 41B obtuvieron valores medios. En el ensayo de Yuste & Albuquerque (2013) con Tempranillo, 140Ru, 3309C y 41B fueron los portainjertos que mayor nRac alcanzaron junto a 110R, al mismo tiempo que 420A fue uno de los portainjertos menos fértiles.

Resultados similares a los obtenidos en el presente ensayo obtuvo Agut et al. (2005) con la variedad Syrah. En dicho ensayo, el 3309C fue el que mayor fertilidad obtuvo, seguido por 140Ru, Gravesac y SO4, del mismo modo que el 161-49C y 110R también fueron dos de los portainjertos menos fértiles, mientras que Fercal tuvo un valor intermedio.

En cuanto al portainjerto 420A, existen numerosos ensayos en los que el portainjerto 420A obtuvo una baja fertilidad: Con la variedad Sagraone, Leão et al. (2011) afirmaron que fue el portainjerto menos fértil, comparado con otros como 1103P, SO4 y Harmony. Cristóbal (2011) también tuvo a 420A como el portainjerto menos fértil, en éste caso en un ensayo con la variedad Syrah evaluado con 5 portainjertos diferentes como 1103P, SO4, 101-14 y Lenoir.

### **Peso medio de racimo**

El Peso medio de racimo (PMR) obtenido en cada portainjerto fue variable (Figura 8c), siendo Gravesac y RG6 los que produjeron racimos más pesados, con una media de 139 g por racimo. La mayoría de los portainjertos comerciales tuvieron unos racimos de entre 137 y 120 g, como 41B, 3309C, Fercal, 140Ru, SO4 y 101-14, entre los que sólo aparecen dos portainjertos experimentales, el RG4 y RG8. De los 8 portainjertos que menor PMR otorgaron, 6 fueron experimentales: RG2, RG3, RG9, RG10, RG7 y RG1, y 2 comerciales, 110R y 99R, con unos valores que oscilaron de 75 a 109 g de PMR.

Albuquerque et al. (2010) obtuvieron resultados desiguales con la variedad Tempranillo. Si bien 140Ru y 41B tuvieron los racimos más pesados, otros como Gravesac, 3309C y 101-14 alcanzaron valores medios o bajos. Los resultados de Yuste & Albuquerque (2013) coinciden con el ensayo anterior, excepto en el caso de 101-14, el cual obtuvo racimos de alto peso. Los resultados de Agut et al. (2005) con la variedad Syrah tienen coincidencias a los obtenidos en Miranda de Arga. Tanto el 3309C y SO4 fueron de los que presentaron un mayor PMR y 1103P de los que menos, aunque portainjertos como 41B, 140Ru y Fercal presentaron bajo PMR.

El 1103P también obtuvo el PMR más bajo en el ensayo de Cristóbal (2011) con 5 portainjertos sobre Syrah. Los resultados de Yuste et al. (2017) con la variedad Sauvignon Blanc también situó a 3309C y 41B como dos de los portainjertos con los racimos más pesados. Di Filippo (2008), en su estudio con Malbec, obtuvo los racimos más pesados con 140Ru y SO4, sólo por detrás de 1103P.

De esta forma, se puede decir que hay concordancia de los resultados obtenidos en PMR con diferentes estudios de evaluaciones de portainjertos.

#### **4.2.4. Efecto del portainjerto sobre la composición de las bayas**

En este apartado se presentan los resultados obtenidos para las muestras recogidas durante la vendimia, tanto de parámetros básicos de composición de baya como de parámetros de madurez fenólica.

##### **a) Parámetros básicos**

##### **Peso de baya**

El Peso de baya (PB) varió notablemente en la variedad Tempranillo según el portainjerto (Figura 9a). Los portainjertos experimentales indujeron un PB superior a los comerciales, siendo 6 de los 8 portainjertos con mayor valor en éste apartado los experimentales RG1, RG7, RG8, RG6, RG4 y RG10, con valores de 1.57 a 1.48 g. El PB más elevado lo tuvo el portainjerto RG1, con un valor de 1.57 g. En cuanto a los portainjertos comerciales, 99R, 41B, SO4 y 140Ru fueron los que mayor peso de baya produjeron, con valores de 1.52 a 1.45 g. Los portainjertos con menor PB fueron el 101-14, Gravesac, Fercal, 420A y RG9 con valores de 1.25 a 1.34 g

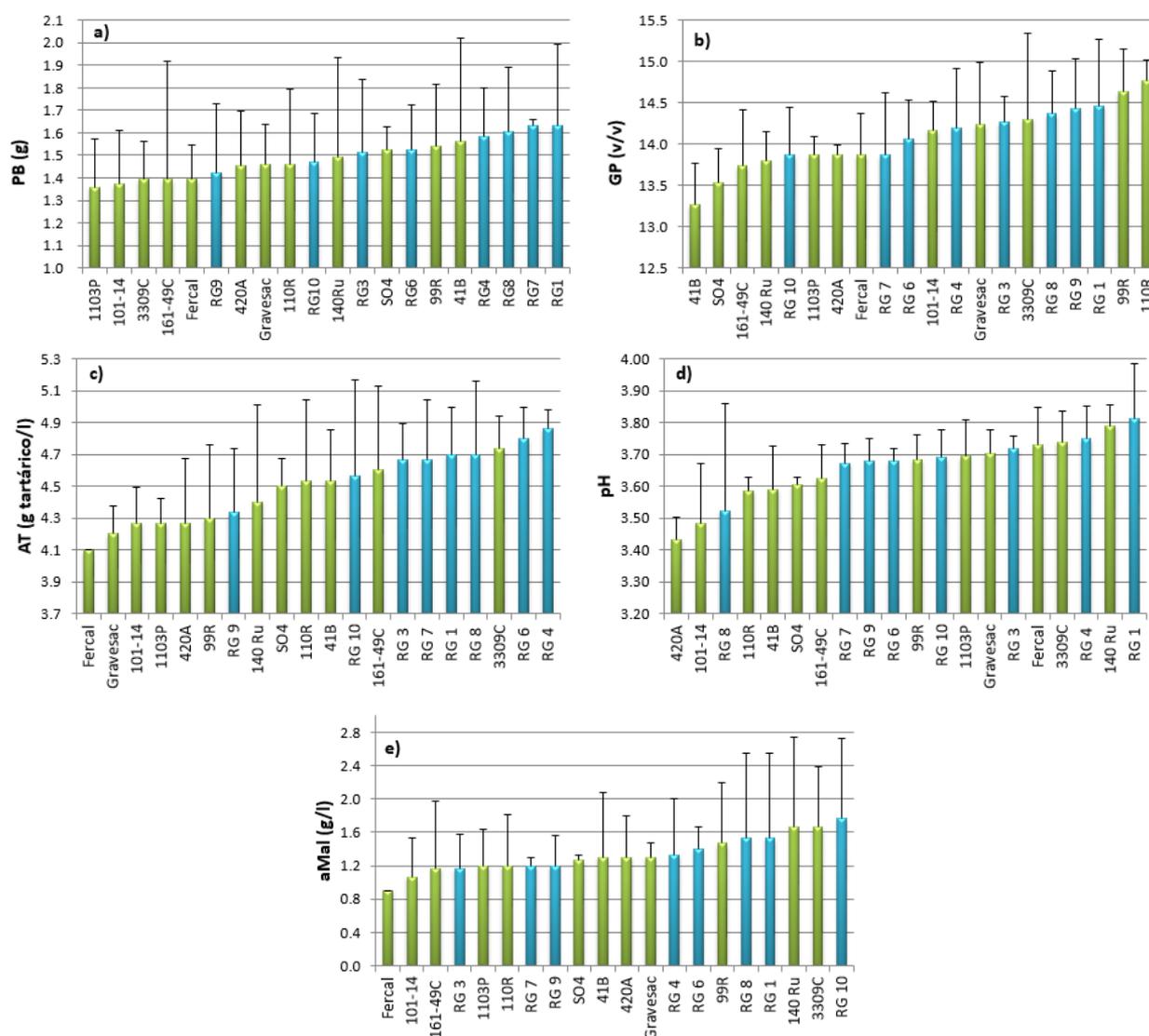
El peso de baya se ve influenciado por diferentes factores, entre ellos el portainjerto (Cordeau, 2002; Reynier, 1995). Existe concordancia entre los resultados obtenidos en el presente ensayo y diferentes estudios de evaluación de portainjertos. En el ensayo de Albuquerque et al. (2010) con la variedad Tempranillo, el portainjerto 140Ru fue el que mayor PB obtuvo, del mismo modo que 41B presentó un alto valor, y Gravesac un bajo valor. Di Filippo (2008), en su ensayo con la variedad, tuvo a SO4 como uno de los portainjertos con mayor peso de baya. Krstic et al. (2003) y Agut et al. (2005), ambos con sendos

ensayos con la variedad Syrah, colocaron a 101-14 como uno de los portainjertos que menor peso de baya presentó. En el caso de Fercal, también alcanzó bajo peso de baya en el ensayo de Yuste et al. (2017) con la variedad Sauvignon Blanc y en el ensayo de Agut et al. (2005) con la variedad Syrah.

### Grado alcohólico probable (GP)

El Grado alcohólico probable (GP) mostró diferencias importantes de un portainjerto a otro, como se aprecia en la Figura 9b. Los portainjertos 110R y 99R fueron los que mayor azúcar acumularon en la uva, con 14.77 y 14.63 % (v/v), respectivamente. Entre 14 y 14.5 % (v/v) se colocaron 6 de los portainjertos experimentales: RG6, RG4, RG3, RG8, RG9 y RG1, acompañados por los comerciales 101-14, Gravesac y 3309C. Entre los portainjertos que menos GP alcanzaron destacaron muchos de los comerciales: 41B, SO4, 161-49C y 140Ru, todos ellos por debajo de 14 % (v/v). El portainjerto 41B es el que menor azúcar almacenó en la uva, con 13.27 % (v/v).

**Figura 9.** Resultados obtenidos para los parámetros básicos de composición de baya en vendimia para cada portainjerto estudiado en la variedad Tempranillo: a) Peso de baya (PB, g), b) Grado alcohólico probable (GP, % (v/v)), c) Acidez total (AT, g tartárico/l), d) pH y e) Ácido málico (aMal, g/l) (Columnas verdes = portainjertos comerciales. Columnas azules = portainjertos experimentales). (Las barras indican, para cada portainjerto, el valor de la desviación estándar).



El alto vigor, acompañado de las altas producciones, provoca un retraso en la maduración que se traduce en una menor concentración de azúcares en la uva (Hidalgo, 2006). Si bien esta es una norma general aceptada en la viticultura, los diferentes portainjertos se comportaron de manera desigual. El portainjerto 140Ru, por ejemplo, presentó un elevado crecimiento y producción, lo que le llevó a registrar un bajo nivel de GP. Por el contrario, otros portainjertos como 3309C y Gravesac, a pesar de obtener elevados crecimientos y rendimientos, obtuvieron grados muy elevados.

A pesar de ello, Existen similitudes con diferentes ensayos llevados a cabo. En el estudio de Albuquerque et al. (2010), con la variedad Tempranillo, el 3309C y Gravesac fueron los que mayor GP consiguieron, del mismo modo que 140Ru y 41B registraron valores bajos. Estos mismos resultados obtuvieron Yuste & Albuquerque (2013) en su evaluación con Tempranillo. De estos dos ensayos destaca el bajo GP producido por el portainjerto 110R, lo cual es contrario a los resultados obtenidos en Miranda de Arga. En la evaluación de Miele & Rizzon (2017) con la variedad Cabernet Sauvignon, 3309C y Gravesac se encontraron entre los de mayor grado acumulado, mientras que 110R y 99R alcanzaron valores intermedios. McCraw & McGlynn (2005), realizaron un ensayo con la variedad Cabernet Franc y Chardonnay. Con Cabernet Franc, los portainjertos 3309C y 110R tuvieron más grados Brix que 1103P y St. George, mientras que con Chardonnay el portainjerto 140Ru alcanzó uno de los valores más bajos.

### **Acidez total**

El tipo de portainjerto repercutió notablemente en la Acidez total (AT) presente en la uva (Figura 9c). En éste caso se evidenció una diferencia importante entre los portainjertos experimentales y los comerciales, ya que 7 de los 9 portainjertos que mayor AT indujeron en la uva fueron experimentales (RG3, RG7, RG1, RG8, RG6 y RG4), y sólo dos fueron comerciales (161-49C y 3309C), todos ellos dentro de un margen de entre 4,77 y 4,57 g tartárico/l. Los portainjertos comerciales 41B, 110R y SO4 quedaron en torno a 4,5 g tartárico/l. Por el contrario los portainjertos comerciales Fercal, Gravesac, 101-14, 1103P y 420A fueron los que menor AT provocaron en la uva, entre 4,1 y 4,27 g tartárico/l.

Como ya se ha dicho anteriormente, el contenido de la acidez total depende fuertemente de la variedad y del portainjerto, entre otros factores (Hidalgo, 2006; Méndez, 2005). Los diferentes estudios citados a continuación concuerdan con los resultados de AT obtenidos en el presente ensayo. En los ensayos de Albuquerque et al. (2010) y Yuste & Albuquerque (2013) sobre la variedad Tempranillo, los portainjertos 41B y 110R obtuvieron la AT más elevada, del mismo modo que Gravesac y 420A son dos de los portainjertos que obtuvieron valores más bajos. No obstante, en estos ensayos se mostró una alta acidez de 110R, contrario al presente ensayo. Leão et al. (2011) comparó diferentes portainjertos con la variedad Sugaone y el SO4 presentó la AT más elevada, mientras que 420A obtuvo la más baja. Miele & Rizzon (2017), experimentaron con la variedad Cabernet Sauvignon, siendo SO4 y 110R dos de los que mayor AT alcanzaron en la uva, mientras que Gravesac y 101-14 fueron los que menor AT presentaron. Loureiro et al. (2015) también tuvo a 101-14 con la menor acidez de todos los portainjertos en las variedades Albarín Tinto y Carrasquín.

El 1103P obtuvo acidez elevada en los anteriores estudios, pero en el caso de McCraw & McGlynn (2005), en su ensayo con la variedad Chardonnay, obtuvo el segundo menor valor de acidez total, por detrás de 140Ru, Harmony, St George y vides francas.

## pH

En la Figura 9d se reflejan las diferencias en el pH que obtuvieron los diferentes portainjertos. El portainjerto RG1 es el que mayor pH alcanzó, con un valor de 3.81. Entre los portainjertos experimentales, además del RG1, destacaron el RG4 y RG3, con un valor de 3.75 y 3.73, respectivamente, mientras que entre los comerciales, se colocaron con valores similares el 140Ru, 3309C, Fercal y Gravesac. Por el contrario, los portainjertos que menor pH tuvieron fueron mayoritariamente los comerciales 420A, 101-14, 110R y 41B, con valores de 3.43 a 3.69. El portainjerto experimental con menor pH fue el RG8, con 3.52.

El nivel de pH en la uva está condicionado por la acidez presente en la uva, pero también es importante la concentración de potasio. Ambos parámetros están condicionados por el portainjerto (Hidalgo & Hidalgo, 2011; Méndez, 2005), del mismo modo que también interviene el vigor presentado por la planta (Hidalgo & Hidalgo, 2011). Los portainjertos empleados en el presente ensayo tuvieron resultados variados respecto a estas afirmaciones, aunque hay bastantes coincidencias con diversos trabajos de evaluación de portainjertos.

En el estudio de Yuste & Albuquerque (2013) con Tempranillo, los portainjertos 3309C y Gravesac obtuvieron valores muy elevados, del mismo modo que 41B y 110R fueron dos de los portainjertos que menor pH tuvieron. Por el contrario, en éste último ensayo el 140Ru alcanzó un pH muy bajo, debido probablemente a su elevado rendimiento y vigor alcanzado. Los resultados de Albuquerque et al. (2010) con la variedad Tempranillo difieren más con los obtenidos en Miranda de Arga. En éste estudio el 110R presentó el pH más bajo, mientras que Gravesac y sobretodo 3309C se mostraron más irregulares de un año a otro en los valores del pH. En éste mismo ensayo, el 140Ru alcanzó un pH muy bajo, si bien fue el que mayor rendimiento y peso de poda presentó.

En el ensayo de Di Filippo (2008) con la variedad Malbec, los portainjertos 140Ru y 3309C también fueron los que mayor pH obtuvieron, por delante de Harmony, 1103P, SO4 y vides francas. Por último, en el ensayo de Miele & Rizzon (2017) con la variedad Cabernet Sauvignon, las coincidencias son importantes: 3309C y Gravesac tuvieron los pH más elevados mientras que 110R y 420A lograron los resultados más bajos.

## Ácido L-málico

La concentración de Ácido L-málico (aMal) se vio notablemente influenciado por los diferentes portainjertos (Figura 9e). El portainjerto experimental RG10 fue el que mayor aMal alcanzó, con 1.77 g/l, seguido de cerca por los portainjertos 3309C, 140Ru, RG1 y RG8, en ese orden decreciente, entre 1.67 y 1.53 g/l de ácido málico. En el lado opuesto, los portainjertos con menor concentración de aMal fueron, en éste orden: Fercal, 101-14, 161-49C, RG3, 1103P y 110R, con una concentración de 0.9 a 1.2 g/l.

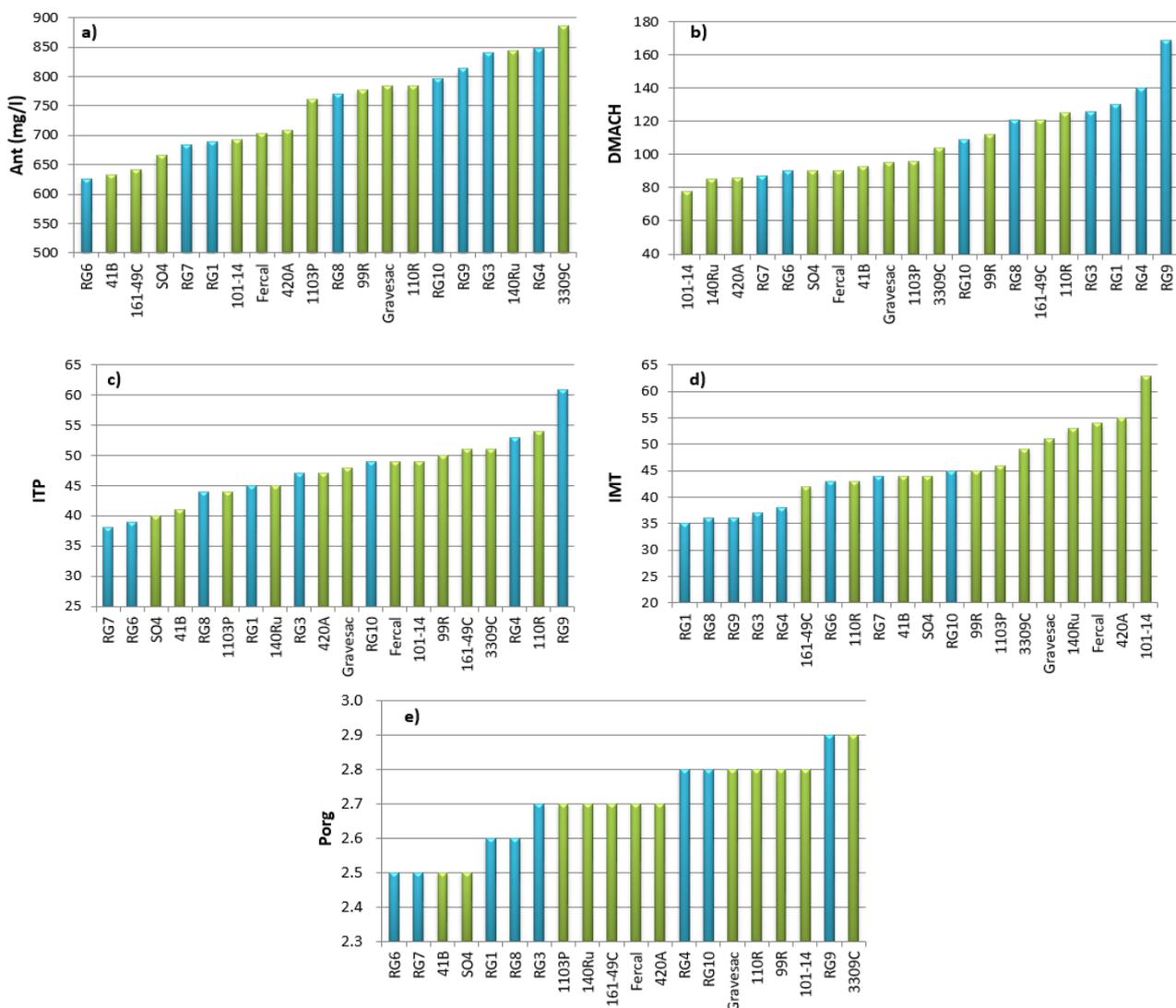
Como ya se ha explicado anteriormente, las cepas más vigorosas sintetizan una mayor cantidad de ácido málico, además de generar un sombreado de la baya que reduce su temperatura y por tanto disminuye la degradación del ácido málico presente en la misma (Blouin & Guimberteau, 2004; Hidalgo & Hidalgo, 2011). Este concepto coincide con los resultados obtenidos, ya que portainjertos que tuvieron un elevado vigor como 3309C, 140Ru y 99R también alcanzaron los valores de aMal más elevados. Del mismo modo, portainjertos poco vigorosos en el ensayo de Miranda de Arga como RG2, Fercal, 101-14 y 161-49 alcanzaron los niveles de aMal más bajos.

En cuanto a la concordancia con los resultados de otros ensayos, existen notables diferencias según el ensayo. En la evaluación de portainjertos de Yuste & Albuquerque (2013) con la variedad Tempranillo, el portainjerto 140Ru obtuvo valores muy elevados de aMal, mientras que 101-14 alcanzó el mínimo contenido de ácido málico de todos los portainjertos. Por el contrario, 3309C presentó valores muy bajos de ácido málico, mientras que 110R y 101-14 alcanzaron altos niveles de aMal.

Los resultados de Loureiro et al. (2015) se asemejan más a los obtenidos en el presente ensayo. El portainjerto 3309C fue el segundo con mayor concentración de aMal en las variedades Albarín Tinto, Carrasquín, y Verdejo Tinto, y el mayor con la variedad Albarín Blanco, por delante de 101-14, 196-17C y Rupestris de Lot. En el mismo ensayo, en la variedad Verdejo Tinto, el portainjerto 101-14 fue el segundo que menor ácido málico tuvo. En el estudio de Yuste et al. (2017) con Sauvignon Blanc, el portainjerto 101-14 también fue de los que menos ácido málico acumuló en la uva.

**b) Parámetros de madurez fenólica**

**Figura 10.** Resultados obtenidos para los parámetros de madurez fenólica para cada portainjerto estudiado en la variedad Tempranillo: a) Antocianos extraíbles (Ant, mg/l), b) Índice DMACH (DMACH) c) Índice de Taninos Potenciales (ITP), d) Índice de Madurez de Taninos (IMT) y e) Potencial organoléptico (Porg). (Columnas verdes = portainjertos comerciales. Columnas azules = portainjertos experimentales).



### **Antocianos extraíbles**

La concentración de Antocianos extraíbles (Ant) evidenció diferencias significativas entre los diferentes portainjertos. En la figura 10a se muestra al portainjerto 3309C con el mayor contenido de Ant con 886 mg/l, seguido por RG4, 140Ru, RG3, RG9 y RG10, todos ellos dentro de un margen de 848 a 814 mg/l. Los portainjertos con menor cantidad de Ant fueron, por este orden, RG6, 41B, 161-49C, SO4, RG7 y RG1, todos ellos entre 625 y 690 mg/l.

### **Índice DMACH**

El Índice DMACH (DMACH) reflejó diferencias significativas entre los portainjertos experimentales y los comerciales (Figura 10b). 6 de los 9 portainjertos con mayor índice DMACH fueron experimentales, en éste orden: RG9, RG4, RG1, RG3, 110R, 161-49C y RG8, todos ellos con un DMACH de entre 169 y 121. Entre los portainjertos con menor DMACH predominaron los portainjertos comerciales: 101-14, 140Ru, 420A, SO4, Fercal, 41B, Gravesac, con unos valores que oscilaron entre 95 y 78 de índice DMACH, acompañados por los portainjertos experimentales RG7 y RG6, con valores de 87 y 90, respectivamente.

### **Índice de taninos potenciales**

En la Figura 10c se representa el Índice de taninos potenciales (ITP) de los distintos portainjertos, con resultados muy variados. Si bien el primer y tercer portainjerto con más taninos potenciales fueron el RG9 y RG4 con valores de 61 y 53 respectivamente, en general los portainjertos comerciales presentaron un índice mayor que los experimentales: 110R, 3309C, 161-49C, 99R 101-14 y Fercal quedaron por delante del resto de portainjertos experimentales, con valores que oscilaron de 54 a 49. Por otra parte, entre los portainjertos con menor índice de taninos potenciales se colocaron el RG7, RG6, SO4, 41B, RG8, 1103P, RG1 y 140Ru, con valores que variaron de 45 a 38.

### **Índice de madurez de los taninos**

La influencia de los diferentes portainjertos en el Índice de madurez de los taninos (IMT) fue considerable, como se aprecia en la Figura 10d. La diferencia entre los portainjertos comerciales y los experimentales también fue importante, ya que entre los 7 portainjertos con mayor índice de madurez de taninos, ninguno fue experimental. Estos 7 portainjertos, con valores de entre 63 y 46 fueron, en orden: 101-14, 420A, Fercal, 140Ru, Gravesac, 3309C y 1103P. Los portainjertos experimentales con mayor madurez de taninos fueron el RG10, RG7 y RG6, con valores de 43 a 45. Entre los portainjertos con menor IMT aparecieron los experimentales RG1, RG8, RG9, RG3 y RG4, con unos valores similares, que fueron de 35 a 38.

### **Potencial organoléptico**

El Potencial organoléptico (Porg) fue variable de un portainjerto a otro (Figura 10e). Los portainjertos de mayor potencial organoléptico fueron el RG9 y 3309C, con una valoración de 2.9 sobre 5. Les siguieron, con una valoración de 2.8 los portainjertos experimentales RG4 y RG10, y los comerciales 101-14, 99R, 110R y Gravesac. Entre los portainjertos de menor Porg, con una valoración de 2.5, se encontraron los experimentales RG6 y RG7, así como los comerciales 41B y SO4.

Como se explicó anteriormente, el efecto del portainjerto en la madurez fenólica es un hecho aceptado en la viticultura (Anderson et al., 2005; Cordeau, 2002; J. Hidalgo, 2006; Jackson & Lombard, 1993; Muñoz & González, 1999). Anteriormente se han expuesto diferentes ensayos que demuestran con resultados dicha afirmación. En el caso de la variedad Tempranillo, Albuquerque et al. (2010) y Yuste & Albuquerque (2013) en sus respectivos ensayos con dicha variedad, determinaron notables diferencias entre portainjertos en la acumulación de polifenoles (IPT). Aún así, como se ha explicado anteriormente, no es preciso establecer comparaciones con estos ensayos, ya que las variables empleadas en el presente Trabajo Fin de Grado son diferentes a los utilizados por los ensayos citados.

#### 4.2.5. Análisis estadístico

##### **Análisis de componentes principales**

Las 4 primeras componentes principales del ACP explicaron el 71.6% de la variabilidad (Anexo VI, Figura A10). Cada una de estas componentes representa de forma más aproximada diferentes variables:

- Componente principal 1: Variables asociadas al crecimiento vegetativo (SSP, ST), a la producción (Rdto, PMR, nRac), y a ciertos parámetros de madurez fenólica (DMACH e ITP).
- Componente principal 2: Parámetros de composición de la baya como GP y pH, así como variables de madurez fenólica (Ant, Porg y DMACH e ITP).
- Componente principal 3: Parámetros de composición de la baya como PB y AT.
- Componente principal 4: Variables sobre la Fenología (90% En y 10-90%).

El análisis de componentes principales reveló la relación de los diferentes parámetros analizados en el presente Trabajo de Fin de Grado. El desarrollo vegetativo (SSP y ST) estuvo relacionado con la producción (Rdto, PMR, nRac), de modo que los portainjertos más vigorosos tuvieron las producciones más elevadas, siendo esto una norma general aceptada en la viticultura (Anderson et al., 2005; Chomé, 2006; Hidalgo & Hidalgo, 2011; Martínez & Carreño, 1991; Reynier, 2012). El crecimiento y la producción influyeron desigualmente en algunos parámetros de la madurez fenólica. El alto vigor y producción implicaron el aumento de IMT, pero también la disminución de los valores de DMACH e ITP, mientras que los antocianos y Porg fueron independientes. La intensidad y la calidad de los polifenoles están fuertemente influenciados por el portainjerto (Cordeau, 2002) o el vigor, pero también por diferentes factores edafoclimáticos y culturales (Jackson & Lombard, 1993), por lo que en este caso parece difícil establecer una explicación exacta de los resultados en el aspecto de la madurez fenólica.

La composición de las bayas, en cuanto a los parámetros básicos se refiere (GP, AT, PB y pH) fueron prácticamente independientes al crecimiento y la producción. Cordeau (2002) e Hidalgo (2006) explican que el alto vigor inducido por el portainjerto es desfavorable a la calidad de la uva, ya que conlleva un retraso en los fenómenos vegetativos como la madurez de la uva. En el presente ensayo no coincide con tal afirmación. La alta AT y PB fueron contrarios a los parámetros de madurez fenólica ITP, IMT y Porg. Esto se puede explicar debido a que el alto tamaño de la baya tuvo una reducción de la relación superficie hollejo/volumen baya, lo que redujo la concentración de polifenoles (Hidalgo & Hidalgo, 2011), ya que estos se ubican principalmente en los hollejos (Blouin & Guimberteau, 2004).

La fenología se mostró nuevamente independiente respecto al vigor y la producción, debido a que se trata de una característica fisiológica propia de la variedad, e influenciada por el portainjerto (Larrea Redondo, 1981; Muñoz & González, 1999). No obstante, la fenología evidenció su efecto en la acumulación de azúcares en las bayas (GP). Los portainjertos que alargaron el envero (10%-90% y 90% En) acumularon menor GP en la vendimia, ya que el retraso de los fenómenos vegetativos afectan directamente a la madurez de la uva (Cordeau, 2002).

### **Análisis cluster**

El AC permitió agrupar los diferentes portainjertos en base a sus similitudes agronómicas, de acuerdo a los resultados obtenidos durante la campaña de 2017. El AC de la variedad Tempranillo puede verse en el Anexo VI, Figuras A11 y A12. Los grupos de portainjertos fueron los siguientes:

- Grupo azul (41B, SO4, RG6, RG7, RG8): Portainjertos de crecimiento medio a alto que indujeron producciones medias a altas. La uva tuvo bajo GP, AT y pH, mientras que la madurez fenólica fue intermedia, con bajo ITP, Porg y Ant, aunque con buen DMACH e IMT.
- Grupo verde (161-49C, Fercal, 101-14 y 420A): Portainjertos de vigor y producciones medias. Uvas con bajo GP, AT y pH, con madurez fenólica intermedia: bajo ITP, Porg y Ant, aunque con buen DMACH e IMT.
- Grupo amarillo (99R, 1103P, 110R, RG1, RG3, RG4, RG10): Portainjertos de vigor medio a bajo. Las bajas producciones obtenidas posibilitaron un buen GP y AT, mientras que el pH fue alto. Madurez fenólica alta, con alto ITP, Ant y Porg, aunque con elevado DMACH y bajo IMT.
- Grupo morado (3309C, 140Ru, Gravesac): Portainjertos de alto crecimiento y elevadas producciones. La uva producida obtuvo una buena maduración, con alto GP y AT, aunque con alto pH. La madurez fenólica fue alta, con alto ITP, Ant y Porg, aunque con elevado DMACH y bajo IMT.
- Grupo rojo (RG9): Portainjerto de muy bajo vigor y producción. Ello posibilitó una madurez avanzada con alto GP y baja AT. La madurez fenólica también fue alta, con elevado ITP, Ant y Porg.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente Trabajo Fin de Grado han permitido extraer las siguientes conclusiones:

- Los portainjertos que conformaron el ensayo objeto de estudio afectaron de forma diferente en la fenología, crecimiento, producción y composición de la baya de las variedades Syrah y Tempranillo. El efecto del portainjerto también varió según la variedad, especialmente en el caso de la serie RG, no correspondiéndose los resultados de los portainjertos injertados sobre la variedad Syrah con los de Tempranillo.
  - En la variedad Syrah, los portainjertos 3309C, RG8, 41B, RG4 y RG3 fueron los más vigorosos y productivos, mientras que otros como RG9, RG2 y 420A tuvieron producciones más reducidas, pero con mejores parámetros de madurez.
  - En la variedad Tempranillo los portainjertos con mayor producción fueron 3309C, Gravesac y RG4, siendo estos mismos los más destacados en cuanto a composición fenólica de la baya. Por el contrario RG9, 110R, RG10 y RG3 resultaron los menos productivos, aunque con buena composición fenólica.
- Los nuevos portainjertos evaluados en el presente Trabajo Fin de Grado presentaron características agronómicas positivas, a la altura de los portainjertos comerciales en muchos aspectos. Por otra parte, los diferentes portainjertos RG mostraron adaptación a diferentes objetivos de producción vitícola, tales como la alta producción (siendo RG4 y RG8 los más destacados) y producciones inferiores con mejores parámetros cualitativos (especialmente RG9 en la variedad Syrah).
- Los resultados expuestos en el presente trabajo son fruto del seguimiento de una única campaña. Si bien puede resultar útil para iniciar la caracterización del comportamiento agronómico de la serie RG, se estima oportuno contrastar los resultados con los de futuras campañas para establecer conclusiones definitivas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. (2004). *Fruticultura*. Mundi-prensa México.
- Agut, C., Rodríguez, B., & Fabre, F. (2005). Incidence du porte-greffe sur le comportement du cépage Syrah Effect of rootstock on Syrah behaviour. In *XIV International GESCO Viticulture Congress* (pp. 14–16). Geisenheim, Germany.
- Albuquerque, M. V., Castaño, F. J., & Yuste, J. (2010). Influencia de diez portainjertos sobre el comportamiento de la variedad Tempranillo. *Vida Rural*, 305(Dry 2007), 52–56.
- Andalucía, J. de. (2000). Investigación y Desarrollo en el C.I.F.A de Jerez de la Frontera Rancho de la Merced.
- Andalucía, J. de. (2002). *Diagnóstico del sector vitivinícola y de las bodegas en el Marco de Jerez*. Retrieved from [http://ws128.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/servicio-estadisticas/Estudios-e-informes/historico/vitivinicola/diagnost\\_viticola\\_jerez.pdf](http://ws128.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeriaDescargas/cap/servicio-estadisticas/Estudios-e-informes/historico/vitivinicola/diagnost_viticola_jerez.pdf)
- Anderson, J., Kottwitz, D., R. Keith, S., Smith, G., & Cousins, P. (2005). *Grapevine Rootstocks : Current Use , Research , and Application*. (P. Cousins & R. K. Striegler, Eds.), 2005 Rootstock symposium. Mid-America Viticulture and Enology Center.
- Andrade, A., Aires, A., & Almeida, C. (2005). Agronomic behaviour of grapevine Fernão Pires on three rootstock, at demarcated region of bairrada, Portugal. In *International GESCO-Viticulture-Congress, 14, Geisenheim* (pp. 134–139).
- Baggiolini, M. (1952). Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Rev. Romande Agric. Vitic. Arboric.* 8.
- Barber, V. (2014). 1103 Paulsen. Vides Americanas. Características portainjertos vid. Retrieved from [www.vitivinicultura.net/portainjertos-de-vid-1103-paulsen.html](http://www.vitivinicultura.net/portainjertos-de-vid-1103-paulsen.html)
- Blouin, J., & Guimberteau, G. (2004). *Maduración y Madurez de la uva*.
- BOE. Reglamento (CEE) n° 2676/90 de la Comisión de 17 de septiembre de 1990 por el que se determinan los métodos de análisis comunitarios aplicables en el sector del vino., Pub. L. No. DOUE-L-1990-81412 (1990). España.
- Boulay, H. (1965). *Arboricultura y producción Frutal*. Barcelona, España: AEDOS.
- Bouquet, A., Danglot, Y., Bongiovanni, M., Castagnone-Sereno, P., Esmenjaud, D., Dalmasso, A., & Torregrosa, L. (2000). Breeding rootstocks resistant to grape fanleaf virus spread, using vitis x muscadinia hybridization.
- Cantos, M. (2016). Vid silvestre contra el cambio climático. *Eldiario.es*. Retrieved from [http://www.eldiario.es/andalucia/lacuadraturadelcirculo/Vid-silvestre-cambio-climatico\\_6\\_537256272.html](http://www.eldiario.es/andalucia/lacuadraturadelcirculo/Vid-silvestre-cambio-climatico_6_537256272.html)
- Chomé, P. M. (2006). *Varietades de vid: registro de variedades comerciales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Centro de Publicaciones.
- Clingeffer, P. R., Smith, B., Edwards, E. J., Collins, M., Morales, N., Davis, H., ... Walker, R. (2011). Industry puts low-medium vigour rootstocks to the test. *Wine and Viticulture Journal*, 26(3), 72–76.
- Colldecarrera, M., Gispert, M. A., & Recio, J. P. (1997). The nutritional status of Chardonnay and Tempranillo in the Alt Emporda area: Effect of rootstock. *Acta Horticulture*.
- Cordeau, J. (2002). *Création d'un vignoble. Greffage de la vigne et porte-greffes, élimination des maladies à virus*.
- Cristóbal, A. M. (2011). *Determinación del mejor porta-injerto sobre la producción y calidad de la uva en la variedad Shiraz (Vitis vinifera L.)*. Universidad autónoma agraria “Antonio Narro.” Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2314/ANA MARIA CRISTOBAL MARTINEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2314/ANA_MARIA_CRISTOBAL_MARTINEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Di Filippo, M. (2008). *Influencia de seis portainjertos de vid sobre el comportamiento vitícola de la CV. Malbec y estudio de las relaciones hídricas que se establecen*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO FACULTAD. Retrieved from [http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/5048/tesis-difilippo.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5048/tesis-difilippo.pdf)

- Downey, M. O., Harvey, J. S., & Robin, S. P. (2003). Analysis of tannins in seeds and skins of Shiraz grapes throughout berry development. *Australian Journal of Grape and Wine Research*.
- Dry, N. (2007). *Grapevine rootstocks: selection and management for South Australian vineyards*. Lythrum Press in association with Phylloxera and Grape Industry Board of South Australia. Retrieved from <https://trove.nla.gov.au/work/32584997?selectedversion=NBD42314391>
- Fito, P., Andrés, A., Argüelles, Á. L., & Ortolá, M. D. (2014). Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos. In *Researchgate.Net* (Vol. 4, p. 613). Valencia (Spain). Retrieved from [http://www.researchgate.net/publication/258644061\\_Libro\\_de\\_Actas\\_del\\_V\\_Foro\\_Iberomericano\\_de\\_los\\_Recursos\\_Marinos\\_y\\_la\\_Acuicultura/file/3deec528c8c45982e7.pdf](http://www.researchgate.net/publication/258644061_Libro_de_Actas_del_V_Foro_Iberomericano_de_los_Recursos_Marinos_y_la_Acuicultura/file/3deec528c8c45982e7.pdf)
- Galet, P. (1998). *Grape Varieties and Rootstock VaGalet, Pierre. 1998. Grape Varieties and Rootstock Varieties.rieties*.
- González, H., & Muñoz, A. (2000). *Portainjertos En: Uva de mesa en Chile*. Santiago, Chile.
- Hartmann, H., & Kester, D. (1979). *Propagación de Plantas*. Compañía Editorial Continental S.A. México. Retrieved from <https://es.scribd.com/document/286100082/Propagacion-de-Plantas-Hartmann-Kester>
- Hidalgo, J. (2006). *La calidad del vino desde el viñedo*. (S.A. MUNDI). Editorial mundi-prensa España.
- Hidalgo, L., & Candela, M. . (1979). *El 5A Martinez-Zaporta (5A-MZ), nuevo portainjerto para la vid*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid (Spain). Dept. de Viticultura y Enología.
- Hidalgo, L., & Hidalgo, J. (2011). *Tratado de viticultura. Volumen I y II*.
- Husson, Josse, Lê, & Mazet. (2007). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Jackson, J. I., & Lombard, P. B. (1993). Environmental and management practices affecting composition and wine quality. *American Journal of Viticulture and Enology*, 409–429.
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2017). Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses.
- Krstic, M., Kelly, G., Hannah, R., & Clingeffer, P. (2003). *Manipulating Grape Composition and Wine Quality through the use of Rootstocks*. Victoria.
- Larrea Redondo, A. (1981). *Viticultura básica: prácticas y sistemas de cultivo en España e Iberoamérica* . Aedos. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=LIBROUL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf=004208>
- Leão, C. D. S., Brandão, O., Gonçalves, S., Pollyanna, N., Francisco, S., Maria, S., & Científica, S. D. I. (2011). Produção e qualidade de uvas de mesa “ Sagraone ” sobre diferentes porta-enxertos no Submédio do Vale do São Francisco Production and quality of table grapes “ Sagraone ” on different rootstocks in the São Francisco. *Ciência Rural*, 41.
- Ljubetic, D. (2008). *Porainjertos para uva de mesa: La base de una fruticultura Exitosa. Red agrícola*. Retrieved from <http://www.redagricola.com/view/67/32/>
- López, M. (2013). *Determinación de la influencia del portainjerto, sobre la producción y calidad de la uva en la variedad Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.)*. Universidad autónoma agraria “Antonio Narro.” Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2391/MARIBEL\\_LOPEZ\\_LOPEZ.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2391/MARIBEL_LOPEZ_LOPEZ.pdf?sequence=1)
- Loureiro, D., Moreno, P., & Suárez, B. (2015). *Ensayo de portainjertos en variedades de vid de Asturias*. (P. Oro, Ed.). Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA) Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales del Principado de Asturias.
- Macaulay, L. E., & Morris, J. R. (1993). *Influence of cluster exposure and winemaking processes on monoterpenes and quality of Golden Muscat*.
- Madero, T. J., & Madero, T. E. (2008). *Los portainjertos de la vid*. Chapingo.
- MAPAMA. (2016). Anuario de estadística 2016.
- Marín, D. (2015). *Caracterización ampelográfica de accesiones de vid ( Vitis vinifera L .) del Banco de Germoplasma de la Universidad Pública de Navarra presentado por*. Universidad Pública de Navarra.
- Martínez, C. A., & Carreño, E. J. (1991). La elección del portainjerto en el cultivo de la uva de mesa. *Vitivinicultura. Numero 11-12.*, 59–61.
- Maxwell, M. (2017). UC Davis brings resistant rootstocks to Europe. Retrieved December 20, 2017, from <http://www.fruitnet.com/americafruit/article/173701/uc-davis-brings-resistant-rootstocks-to-europe>
- McCraw, B. D., & McGlynn, W. G. (2005). *Effect of Rootstock on Growth, Yield and Juice Quality of*

- Vinifera, American and Hybrid Wine Grapes in Oklahoma*. Stillwater.
- Méndez, J. V. (2005). *Estudio de la Maduración Fenólica y Antociánica en Uvas Tintas de Bobal para Diferentes Condiciones Agrológicas*. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/1853>
- Miele, A., & Rizzon, L. A. (2017). ROOTSTOCK-SCION INTERACTION: 2. EFFECT ON THE COMPOSITION OF CABERNET SAUVIGNON GRAPE MUST. *Rev. Bras. Frutic*, 39, 1–7. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017>
- Moreno, P. (2011). *Caracterización de los recursos fitogenéticos de vid (Vitis Vinifera L.) del Principado de Asturias*. Córdoba: Universidad de Córdoba, Servicio de Publicaciones.
- Morris, J. R., Main, G. L., & Striegler, R. K. (2005). *Rootstock Effects on Sunbelt Productivity and Fruit Composition*.
- Muñoz, I., & González, H. (1999). *Uso de portainjertos en vides para vino: aspectos generales*. Retrieved from <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR25645.pdf>
- Navarra, G. de. (2016). superficie por grupo de cultivos en Navarra.
- Nicol, J., Stirling, B., Rose, B., & May, P. (1999). Impact of nematodes on grapevine growth and productivity: current knowledge and future directions, with special reference to Australian viticulture. *Australian Journal of Grape and Wine Research*.
- OIV. (2017). Aspectos de la coyuntura mundial. Abril de 2017, 1–15.
- Ojeda, M. (1997). Estrategias para estimar el nivel de maduración en uvas para vinificación, 9(1), 20–25.
- Pellegrino, A., Gozá, E., Lebon, E., & Wery, J. (2006). A model-based diagnosis tool to evaluate the water stress experienced by grapevine in field sites. *European Journal of Agronomy*, 25(1), 49–59. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2006.03.003>
- Piqueras, J. (2005). La filoxera en España y su difusión espacial: 1878-1926. Retrieved from [https://www.uv.es/cuadernosgeo/CG77\\_101\\_136.pdf](https://www.uv.es/cuadernosgeo/CG77_101_136.pdf)
- Pouget, R. (1987). *Le porte-greffe: un facteur efficace pour maîtriser la vigueur de la vigne et la qualité du vin*.
- Pulko, B., Vršic, S., & Valdhuber, J. (2012). Influence of various rootstocks on the yield and grape composition of sauvignon blanc. *Czech Journal of Food Sciences*, 30(5), 467–473.
- Reynier, A. (1995). *Manual de Viticultura*.
- Reynier, A. (2002). *Manual de viticultura*.
- Reynier, A. (2012). *Manual de Viticultura*. (U. P. de Madrid, Ed.) (8th ed.). Mundiprensa.
- Reynolds, A. (2015). *Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry*. Reynolds, Andrew.
- Ribéreau-Gayon, P., & Stonestreet, E. (1965). Determination of Anthocyanins in Red Wine. *Bulletin de La Societe Chimique de France*, 9.
- Rodriguez, J., Galarraga, L., Cavagnaro, R., Ocvirk, M., & Matus, M. (1998). *Evaluación de clones y portainjertos en Mendoza*.
- Rühl, E. H. (1996). “Borner” rootstock grape. Germany. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2005.10.045>
- Sampaio, T., & Vasconcelos, C. (2005). *Optimizing water status, gas-exchange, fruit yield and composition using rootstocks* (14th ed.).
- Santesteban, L. G. (2009). Apuntes de Viticultura. Universidad Pública de Navarra.
- Schmid, J., Sopp, E., & Rühl, E. H. (1998). Breeding rootstock varieties with complete phylloxera resistance. *Acta Horticulture No. 473*, 131–138.
- Skogerson, K., Downey, M., Mazza, M., & Boulton, R. (2007). Rapid determination of Phenolic Components in Red Wines from UV-Visible Spectra and the Method of Partial Least Squares. *American Journal of Viticulture and Enology*.
- Tergeo. (2015). i nuovi portinnesti M. *Il Corriere Vinicolo N. 31*.
- Terrádez-Gurrea, M. (2006). Analisis De Componentes Principales. *Revista Chilena de Obstetricia Y Ginecolog*, 71(1), 1–11. <https://doi.org/10.4067/S0717-75262006000100004>
- Teubes, A. (2014). History of rootstocks in South Africa (Part 5). Retrieved December 20, 2017, from <http://www.wineland.co.za/history-of-rootstocks-in-south-africa-part-5/>
- Vintessential. (2008). Ácido L-málico en jugo de uva y en vino.
- Vivas, N., Glories, Y., Lagune, L., Cédric, S., & Augustin, M. (1994). Estimation du degré de polymérisation des procyanidines du raisin et du vin par la méthode au  $\rho$ -dimethylaminocinnamaldéhyde. *Journal International Des Sciences de La Vigne et Du Vin*, 28 No 4.

- Walker, A. (2008). Nematode resistant grape rootstock “9365-43,” 3(12), 3–6. [https://doi.org/10.1016/j.\(73\)](https://doi.org/10.1016/j.(73))
- Walker, M. A., & Jin, Y. (2000). Breeding vitis rupestris x muscadinia rotundifolia rootstocks to control xiphinema index and fanleaf degeneration. *Acta Horticulturae*. Acta Hort. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.528.74>
- Walker, R., & Clingeffer, P. (2009). Rootstock attributes and selection for Australian conditions. *Australian Viticulture*, (June), 23–26. Retrieved from <http://www.winebiz.com.au/pdf/AVn4-rootstock.pdf>
- Wickham, H., & Chang, W. (2017). Tools to Make Developing R Packages Easier.
- Wolpert, J. A. (2000). *Selection of Rootstocks: Implications for Quality*. University of California, Davis, CA.
- Yuste, J., & Alburquerque, M. V. (2013). Influencia de 10 portainjertos de vid sobre el desarrollo productivo y vegetativo y la calidad de la uva de cv. Tempranillo en la DO Toro. *Vitivinicultura*. N° 22.
- Yuste, J., Vicente, A., Barajas, E., & Alburquerque, M. (2017). Diez portainjertos de vid: Efectos sobre el crecimiento, la producción y la composición de la uva del cv. Sauvignon blanc en la denominación de origen rueda (España). *BIO Web of Conferences*, 9, 1009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20170901009>

## 7. ANEXOS

Anexo I: Diseño del ensayo y distribución de las repeticiones de la viña experimental

Figura A1. Distribución de las repeticiones en la viña experimental de Miranda de Arga.

		5 cepas de efecto borde					Zona más pedregosa (4 repeticiones)																																																																																								
<b>SYRAH</b>																																																																																															
FILA\hueco		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28																																																																		
1	3309C	RG7 (1)	110R (1)	99R (1)	RG3 (2)	RG10 (2)	3309C (2)	SO4 (2)	RG1 (3)	RG8 (3)	140Ru (3)	FERCAL (3)	RG4 (4)	1103P (4)	110R	2	3309C	RG6 (1)	101-14 (1)	420A (1)	RG2 (2)	RG9 (2)	161-49C (2)	GRAVESAC (2)	RG2 (3)	RG9 (3)	GRAVESAC (3)	161-49C (3)	RG6 (4)	110R (4)	110R	3	3309C	RG4 (1)	1103P (1)	41B (1)	RG1 (2)	RG8 (2)	140Ru (2)	FERCAL (2)	RG3 (3)	RG10 (3)	3309C (3)	SO4 (3)	RG7 (4)	140Ru (4)	110R	4	3309C	RG3 (1)	RG10 (1)	3309C (1)	SO4 (1)	RG7 (2)	110R (2)	99R (2)	RG4 (3)	1103P (3)	41B (3)	GRAVESAC (4)	RG8 (4)	3309C (4)	110R	5	3309C	RG2 (1)	RG9 (1)	161-49C (1)	GRAVESAC (1)	RG6 (2)	101-14 (2)	420A (2)	RG6 (3)	101-14 (3)	420A (3)	RG2 (4)	RG9 (4)	41B (4)	110R	6	3309C	RG1 (1)	RG8 (1)	140Ru (1)	FERCAL (1)	RG4 (2)	1103P (2)	41B (2)	RG7 (3)	110R (3)	99R (3)	RG3 (4)	RG10 (4)	RG1 (4)	110R
<b>TEMPRANILLO</b>																																																																																															
FILA\hueco		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28																																																																		
7	3309C	RG7 (1)	110R (1)	99R (1)	RG3 (2)	RG10 (2)	3309C (2)	SO4 (2)	RG1 (3)	RG8 (3)	140Ru (3)	FERCAL (3)	RG4 (4)	1103P (4)	110R	8	3309C	RG6 (1)	101-14 (1)	420A (1)	RG2 (2)	RG9 (2)	161-49C (2)	GRAVESAC (2)	RG2 (3)	RG9 (3)	GRAVESAC (3)	161-49C (3)	RG6 (4)	110R (4)	110R	9	3309C	RG4 (1)	1103P (1)	41B (1)	RG1 (2)	RG8 (2)	140Ru (2)	FERCAL (2)	RG3 (3)	RG10 (3)	3309C (3)	SO4 (3)	RG7 (4)	140Ru (4)	110R	10	3309C	RG3 (1)	RG10 (1)	3309C (1)	SO4 (1)	RG7 (2)	110R (2)	99R (2)	RG4 (3)	1103P (3)	41B (3)	RG1 (4)	RG8 (4)	3309C (4)	110R	11	3309C	RG2 (1)	RG9 (1)	161-49C (1)	GRAVESAC (1)	RG6 (2)	101-14 (2)	420A (2)	RG6 (3)	101-14 (3)	420A (3)	RG2 (4)	RG9 (4)	41B (4)	110R	12	3309C	RG1 (1)	RG8 (1)	140Ru (1)	FERCAL (1)	RG4 (2)	1103P (2)	41B (2)	RG7 (3)	110R (3)	99R (3)	RG3 (4)	RG10 (4)	GRAVESAC (4)	110R

Cada Parcela Elemental consta de 10 cepas (dos huecos entre postes)

Anexo II: Estados fenológicos de la vid según Baggiolini (1952)

Figura A2. Estados fenológicos de la vid según Baggiolini (1952). (Fuente: Moreno (2011))



Anexo III: Efecto del portainjerto sobre la fenología en la variedad Syrah

Figura A3. Fecha de estado fenológico D en la variedad Syrah, con respecto al portainjerto 110R.

Días respecto a 110R		Días respecto a 110R	
Portainjerto	Fecha de estado fenológico D	Portainjerto	Fecha de estado fenológico D
110R	31/03/2017	110R	31/03/2017
1103P	-4	RG3	-4
99R	-4	RG1	-2
101-14	-3	RG2	-2
140Ru	-3	RG4	-1
420A	-3	RG7	-1
Fercal	-2	RG8	-1
3309C	-1	RG10	0
161-49C	1	RG6	1
41B	1	RG9	1
Gravesac	1		
SO4	2		

**Figura A4.** Fechas de envero en la variedad Syrah con respecto al portainjerto 110R. Fechas descritas: 10% Envero (10% En), 50% Envero (50% En), 90% Envero (90% En) y N° de días transcurridos entre el 10% y 90% del envero (10%-90%).

Días respecto a 110R				
Portainjerto	10% En	50% En	90% En	10%-90%
<b>110R</b>	18/07/2017	21/07/2017	27/07/2017	9
<b>101-14</b>	-1	1	1	1.33
<b>1103P</b>	0	1	0	0
<b>140Ru</b>	0	1	-1	-0.67
<b>161-49C</b>	2	3	2	0
<b>3309C</b>	1	2	1	0.33
<b>41B</b>	1	3	2	0.67
<b>420A</b>	0	2	1	1.00
<b>99R</b>	1	3	2	1.00
<b>Fercal</b>	1	3	1	0.00
<b>Gravesac</b>	1	1	1	0.33
<b>SO4</b>	0	1	-1	-0.67
<b>RG1</b>	0	2	2	1.33
<b>RG2</b>	1	3	2	0.33
<b>RG3</b>	1	2	0	-1.67
<b>RG4</b>	0	2	1	0.33
<b>RG6</b>	1	3	1	0.00
<b>RG7</b>	0	2	1	1.00
<b>RG8</b>	0	1	1	0.33
<b>RG9</b>	1	3	1	-0.67
<b>RG10</b>	2	3	1	-0.67

Anexo IV: Análisis estadístico en la variedad Syrah

Figura A5. Representación de las 4 primeras componentes principales en la variedad Syrah.

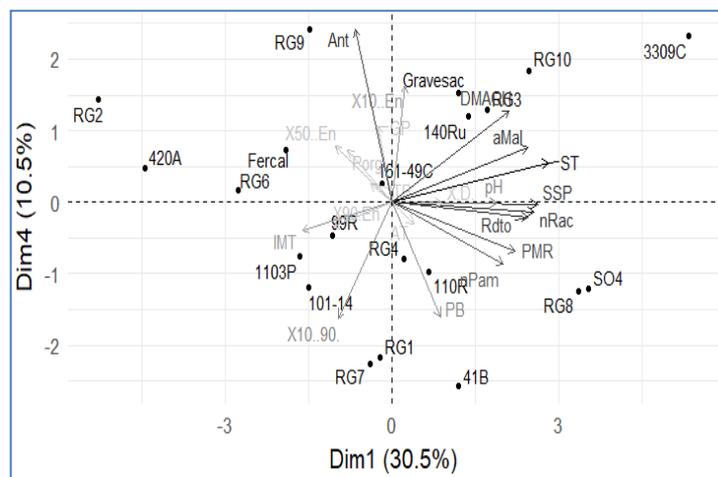
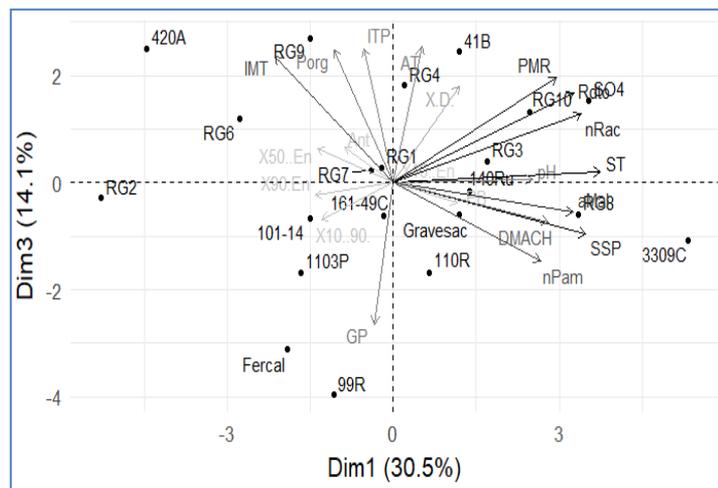
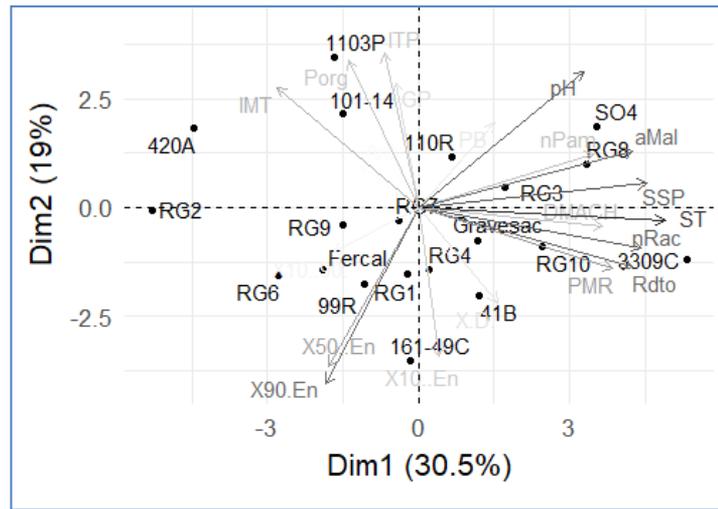


Figura A6. Árbol de clasificación de portainjertos en la variedad Syrah.

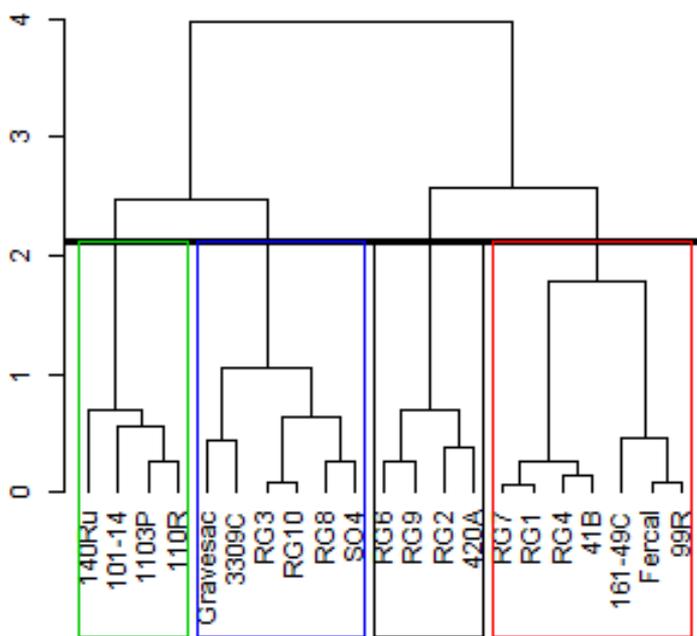
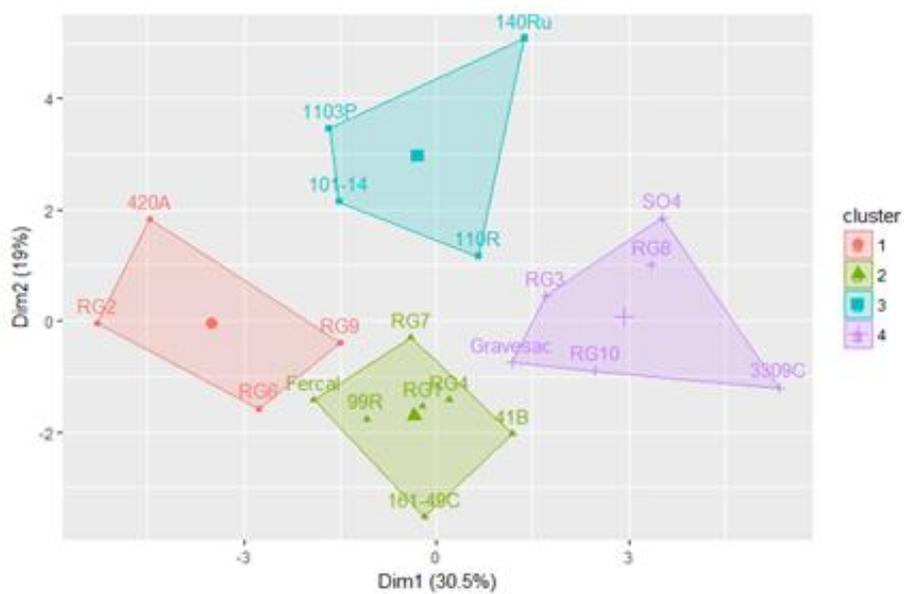


Figura A7. Grupos (Clusters) de portainjertos en la variedad Syrah.



Anexo V: Efecto del portainjerto sobre la fenología en la variedad Tempranillo

Figura A8. Fecha de estado fenológico C en la variedad Tempranillo, con respecto al portainjerto 110R.

Días respecto a 110R		Días respecto a 110R	
Portainjerto	Fecha de estado fenológico C	Portainjerto	Fecha de estado fenológico C
110R	02/04/2017	110R	02/04/2017
420A	-5	RG3	-4
Fercal	-3	RG1	-2
1103P	-2	RG2	-2
Gravesac	-2	RG10	-2
101-14	-1	RG4	0
161-49C	-1	RG6	0
3309C	-1	RG7	0
140Ru	0	RG9	2
41B	1	RG8	3
99R	1		
SO4	1		

**Figura A9.** Fechas de envero en la variedad Tempranillo con respecto al portainjerto 110R. Fechas descritas: 10% Envero (10% En), 50% Envero (50% En), 90% Envero (90% En) y N° de días transcurridos entre el 10% y 90% del envero (10%-90%).

Días respecto a 110R				
Portainjerto	10% En	50% En	90% En	10%-90%
<b>110R</b>	17/07/2017	22/07/2017	28/07/2017	10.67
<b>101-14</b>	1	0	0	-0.67
<b>1103P</b>	0	-2	0	0.67
<b>140Ru</b>	1	1	2	1.67
<b>161-49C</b>	1	-1	2	1.33
<b>3309C</b>	1	0	2	1.00
<b>41B</b>	1	-1	0	0.00
<b>420A</b>	1	0	0	-0.33
<b>99R</b>	0	-1	1	0.67
<b>Fercal</b>	1	0	2	1.00
<b>Gravesac</b>	1	0	1	0.67
<b>RG1</b>	0	-2	0	0.33
<b>RG10</b>	0	0	1	0.67
<b>RG2</b>	1	-1	3	2.33
<b>RG3</b>	0	-1	0	0.33
<b>RG4</b>	1	-1	1	0.67
<b>RG6</b>	0	0	1	1.33
<b>RG7</b>	0	-1	2	2.33
<b>RG8</b>	2	0	0	-1.33
<b>RG9</b>	1	1	2	1.33
<b>SO4</b>	0	0	1	1.33

Anexo VI: Análisis estadístico en la variedad Tempranillo.

Figura A10. Representación de las 4 primeras componentes principales en la variedad Tempranillo.

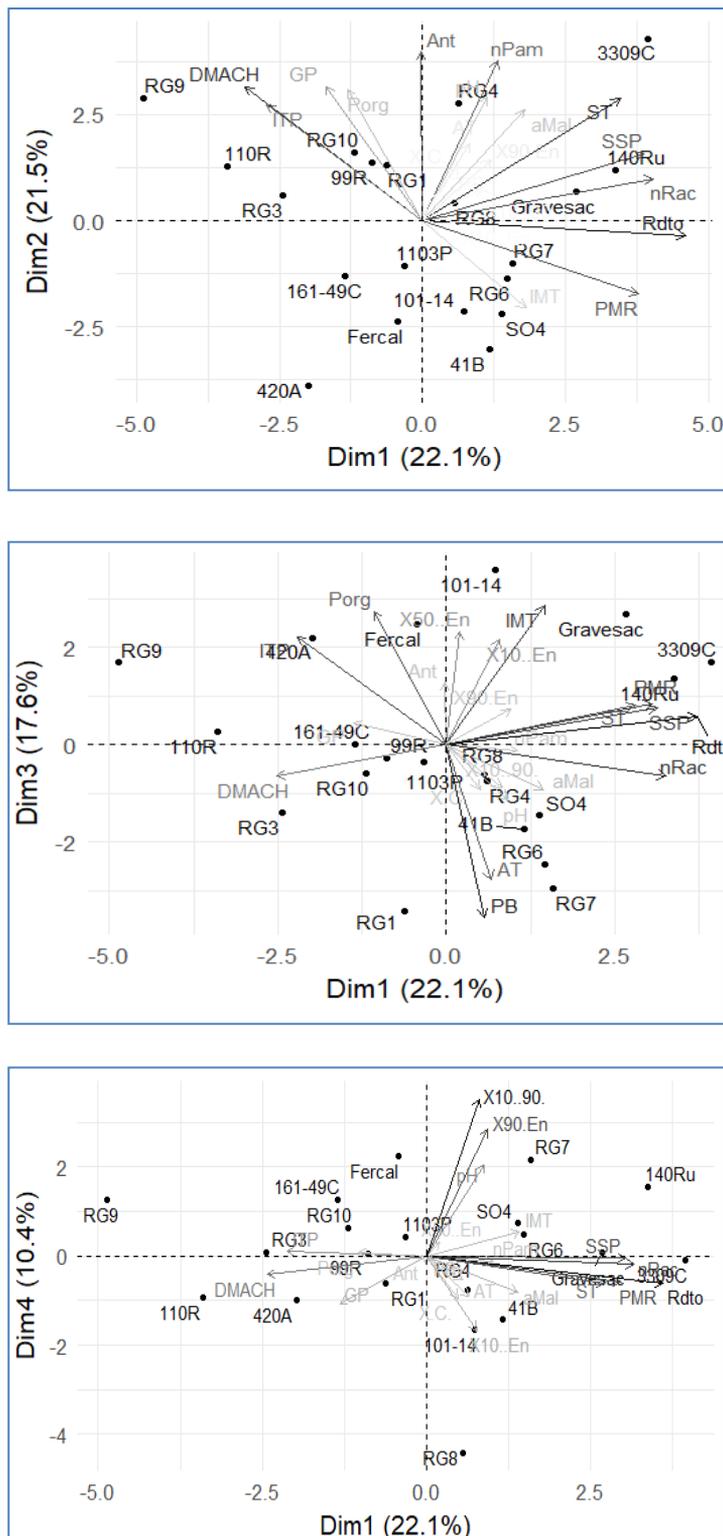


Figura A11. Árbol de clasificación de portainjertos en la variedad Tempranillo.

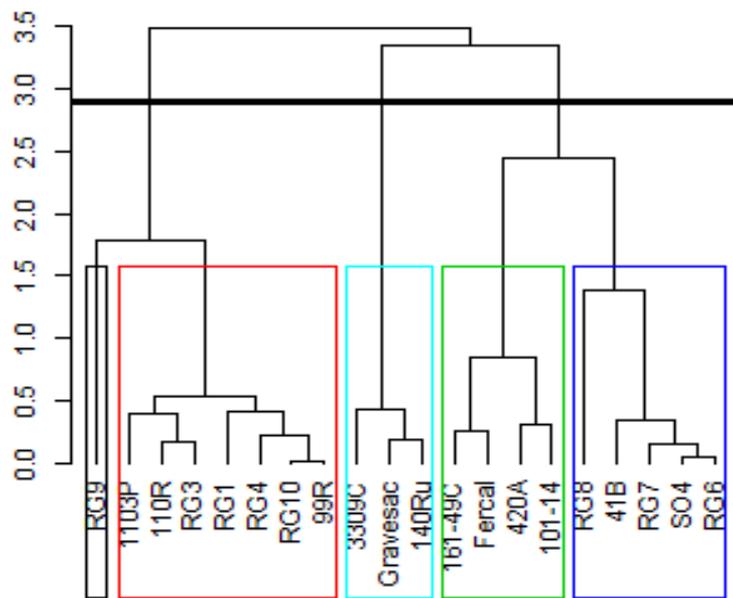


Figura A12. Grupos (Clusters) de portainjertos en la variedad Tempranillo.

